

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIEROS ELECTRÓNICOS

TEMA:

**DISEÑO DE LA RED FTTH DEL BARRIO LA LEÓN SECTOR CHILIBULO
PARA LA EMPRESA ARTEKSOLUTION CIA.LTDA.**

AUTORES:

RICARDO NAPOLEÓN MORALES CAÑIZARES

ALEXIS BLADIMIR QUIÑA PALLASCO

TUTOR:

MILTON NAPOLEÓN TIPÁN SIMBAÑA

Quito, Enero del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo/ Ricardo Napoleón Morales Cañizares, y Alexis Bladimir Quiña Pallasco, con documento/s de identificación N°1719102558 y N° 1723857007 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO DE LA RED FTTH DEL BARRIO LA LEÓN SECTOR CHILIBULO PARA LA EMPRESA ARTEKSOLUTION CIA.LTDA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Ricardo Napoleón Morales Cañizares,
Cédula: 1719102558

Alexis Bladimir Quiña Pallasco
Cédula 1723857007

Fecha: Quito, enero del 2020

.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO DE LA RED FTTH DEL BARRIO LA LEÓN SECTOR CHILIBULO PARA LA EMPRESA ARTEKSOLUTION CIA.LTDA” realizado por Ricardo Napoleón Morales Cañizares, y Alexis Bladimir Quiña Pallasco, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Enero 2019



MILTON NAPOLEÓN TIPÁN SIMBAÑA

Cédula de identidad: 1713583126

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios, a mi familia, hermanos, a mi padre José Hernán Morales y en especial a mi madre Amira Elizabeth Cañizares por su apoyo incondicional en este camino.

Ricardo Morales

Dedico El presente proyecto a Abel Quiña Cabascando, María Alomoto, Ana Lucía Pallasco quienes me han apoyado y aconsejado en el transcurso de todo este camino.

Alexis Quiña

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a Dios, por las bendiciones las cuales nos permitió perseverar en todo este tiempo y a todas nuestras familias por estar presentes.

De igual manera agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, a toda la facultad de ingeniería Electrónica en especial al Ing. José Renato Cumbal, Ing. Luis German Oñate y nuestro tutor el Ing. Milton Napoleón Tipán quienes con su enseñanza nos ayudó a sobre llevar obstáculos presentados y así poder crecer día a día, gracias por la dedicación, apoyo incondicional por su paciencia y amistad con el que nos permitieron concluir con el presente trabajo.

A la empresa ARTEKSOLUTION CIA.LTDA quien nos colaboraron para que este proyecto de titulación se pueda realizar.

Para finalizar un agradecimiento a nuestros amigos y compañeros que han estado presentes en todo este camino por su apoyo y amistad.

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 METODOLOGÍA	2
CAPÍTULO 2	3
MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1 FIBRA ÓPTICA.....	3
2.2 REDES PON	4
2.3 REDES GPON	5

2.4 FTTH (Fiber to the home)	6
2.5 ÁRBOL DE EXPANSIÓN	7
CAPÍTULO 3	12
SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED.....	12
CAPÍTULO 4	15
DISEÑO Y SIMULACIÓN	15
4.1 DISEÑO DE LA RED FTTH.....	16
4.2 SIMULACIÓN	22
CAPÍTULO 5	35
ANÁLISIS DE COSTOS	35
5.2 Valor actual neto	44
5.3 TIR tasa interna de retorno	45
5.4 Recuperación del capital PRC	45
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Fibra óptica-----	4
Figura 2 Arquitectura red PON-----	5
Figura 2.3 Arquitectura red GPON -----	6
Figura 3.4 Caja NAP-----	7
Figura 2.5 Árbol de expansión -----	8
Figura 2.6 Ejemplo de cartografía -----	8
Figura 2.7 Mapa georreferenciado -----	9
Figura 2.8 Logo OpenstreetMap -----	10
Figura 2.9 Algoritmo de Kruskal -----	10
Figura 2.10 Algoritmo de Prim-----	11
Figura 3.11. Plano Barrio La León -----	14
Figura 4. 12. Mapa del barrio LA LEON -----	16
Figura 4.13. Extensiones OSM y XML -----	17
Figura 4.14. Mapa del barrio la LEÓN-----	17
Figura 4.15. Mapa del Barrio la León con pozos, cajas NAP y abonados -----	18
Figura 4.17. Conexión y distancia entre pozos, cajas NAP y abonados -----	19
Figura 4.18. Ruta calculada por el algoritmo de PRIM -----	20
Figura 4.19. Ruta calculada por el algoritmo de Kruskal -----	21
Figura 4.20. Propiedades de la fibra G 652D-----	24
Figura 4.21. Simulación -----	25
Figura 4.22 Espectro de la señal óptica a 1Gb antes de ingresar al láser -----	26
Figura 4.23 Espectro de la señal óptica a 1Gb al salir del láser -----	27
Figura 4. 24. Diagrama de ojo velocidad 1Gb-----	28
Figura 4.25. Espectro de la señal óptica a 10Gb antes de ingresar al láser-----	28

Figura 4. 26. Espectro de la señal óptica a 10Gb al salir del láser -----	29
Figura 4.27 .Diagrama de ojo velocidad 10Gb-----	29
Figura 4.28. Potencia de recepción izquierda 1Gbps, derecha 10Gbps-----	30
Figura 4.29 Roseta Óptica-----	30
Figura 4.30 Pigtail-----	31
Figura 4.31 Router TP-Link N600-----	31
Figura 4.32 Splitters 1:8-----	32
Figura 4. 33 Mini OLT 16 puertos-----	32
Figura 4.34 Patch cord LC/pc para fibra G.652D -----	33
Figura 4.35 Customize 10/100/1000BASE-T -----	33
Figura 4.36 Transceptor GLC-LH-SM-----	34
Figura 4.37 MA5608T MINI OLT -----	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. Partición de proveedores -----	12
Tabla 3.2 . Cuentas por cada 100 habitantes -----	12
Tabla 3.3 . Datos Abonados y Prestación Servicio -----	13
Tabla 3. 5. Uso del servicio de internet-----	14
Tabla 4.6. Distancias obtenidas de los algoritmos.-----	21
Tabla 4.7. Distancia entre OLT y NAP-----	22
Tabla 4.8 . Datos de los elementos activos y pasivos de la red FTTH-----	23
Tabla 4.9. Potencia de recepción y pérdidas totales -----	24
Tabla 4.10. Potencia de OLT y ONU-----	25
Tabla 4.11. Tasa de errores BER-----	27
Tabla 5.12. Costos red 320 abonados -----	35
Tabla 5.13. Plan de inversión inicial -----	36
Tabla 5.14. Plan de financiamiento -----	39
Tabla 5.15. Proyección de costos -----	39
Tabla 5.16. Detalle de gastos -----	40
Tabla 5.17. Inversión mano de obra -----	40
Tabla 5.18. Depreciación-----	41
Tabla 5.19. Proyección de la depreciación en 5 años -----	41
Tabla 5.20. Costo servicio -----	42
Tabla 5.21. Costo unitario -----	42
Tabla 5.22. Flujo de caja -----	43
Tabla5. 23. Punto de equilibrio-----	43

RESUMEN

La necesidad de contar con servicios de comunicación que requieren mayor ancho de banda como los servicios de transmisión de datos, en tiempo real para comunicaciones streaming, ha posibilitado la demanda de conexiones fijas de internet encaminadas a satisfacer estas necesidades. La actual tecnología de conectividad por medio de ADSL tiene limitaciones de ancho de banda, por lo que el desarrollo de esta propuesta está basada en la utilización de fibra óptica hasta el hogar “FTTH”. Este diseño utilizó el software Matlab el que permite encontrar las distancias más cortas para cubrir todo el barrio de La León; se aplicaron dos algoritmos de Prim y Kruskal los cuales, generan el cálculo de las distancias para optimizar el diseño y reducir los costos, Del mismo modo se desarrolló la simulación con el software Optsim en el cual se ubicó la OLT y la ONU que en este caso sería el barrio, los parámetros utilizados permiten determinar si la calidad de la señal desde la OLT hasta la ONU es óptima y cumple con los estándares establecidos con una distancia de 4Km desde la OLT hasta la ONU; se finaliza con un análisis de costos en el que se espera una recuperación de capital a partir de 4to año y un mes dado el caso del que el presente proyecto llegue a ser llevado a la implementación.

ABSTRACT

The need for communication services that require more bandwidth such as real-time data transmission services for streaming communications has enabled the demand for fixed internet connections to meet these Needs. The current aDSL connectivity technology has bandwidth limitations, so the development of this proposal is based on the use of fiber optics to the home "FTTH". This design used Matlab software to find the shortest distances to cover the entire neighborhood of La León; two Prim and Kruskal algorithms were applied which, generate the calculation of distances to optimize the design and reduce costs, Similarly the simulation was developed with the Optsim software in which the OLT and the UN were located which in this case would be the neighborhood, the parameters used allow to determine whether the signal quality from the OLT to the UN is.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador y en la ciudad de Quito en los últimos años debido a la creciente demanda de las personas por el uso de transmisión de voz, video y datos (Internet) de manera eficiente sin intermitencia, con un servicio las veinticuatro horas y los trescientos sesenta y cinco días del año, se considera a la red de fibra óptica hasta el hogar (Fiber to the home, FTTH) una de las soluciones más viables para brindar al usuario las exigencias de una comunicación de esas características. Con este tipo de redes se cambia totalmente el servicio provisto por una red antigua que en un inicio proporcionaba internet por medio de conexiones de acceso telefónico, este tipo de conexión trabaja con cobre a velocidades reducidas no mayores a 100 Mbps, es propenso a robo de datos e interferencias electromagnéticas. El uso de una red FTTH con tecnología de un gigabit por segundo (Gigabit optical passive network, GPON) se provee mejorar el servicio aumentando su velocidad y garantiza un servicio de calidad, seguro y confiable.

Lamentablemente este tipo de tecnología aún no está disponible en varios sitios de la ciudad, uno de ellos es el sector de Chilibulo, zona tres, barrio “La León”, el cual cuenta con varios proveedores de servicio de internet pero a velocidades reducidas entre 50 y 100 Mbps, los abonados que residen en este barrio, con el crecimiento del barrio, ha provocado que la red actual esté a punto de saturarse; además en ciertas horas del día el servicio de internet colapsa totalmente lo que provoca desconexión a la mayoría de abonados.

La corporación nacional de telecomunicaciones CNT en coordinación con la empresa ARTEKSOLUTION CIA.LTDA busca mejorar el servicio actual de internet y reducir la brecha digital en el barrio “La León”, la investigación presenta el diseño de la red FTTH para este barrio, con parámetros de optimización.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El barrio La León está ubicado en el sector sur occidental de la parroquia Chilibulo, sus límites son al Norte: calle Cañarís al sur; calle Huaynapalcon; al este: calle Razurazu al oeste: Av. Mariscal Sucre; tiene una población de 2500 habitantes. El barrio cuenta con todos los servicios básicos entre estos: CNT que brinda el servicio de Internet vía línea telefónica utilizando cable de cobre lo que ha ocasionado que el servicio de este tipo de conexión sea vulnerable, con reducidas velocidades y no esté disponible todos los días del año. En razón del crecimiento del barrio en los últimos años, la red actual tiene limitaciones con el diseño. La simulación de una red FTTH (Fiber to the home), puede determinar los parámetros como pérdidas y ganancias de potencia observando un mejor servicio de transmisión de voz, video y datos sin intermitencias de conectividad, con mejor seguridad y altas velocidades (1Gbps) de conexión a cada hogar del barrio La León al sur occidente de Quito.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente el Barrio León cuenta con varios proveedores de servicios de comunicación los mismos que no prestan la versatilidad de la fibra óptica, si bien es cierto que el costo de inicio de instalación de fibra óptica es alto se debe tener en cuenta que garantiza un mayor ancho de banda con el que se consigue gran velocidad en la comunicación tanto en voz, datos y video que beneficiarán a el barrio La León ubicado en la zona Eloy Alfaro, zona tres Chilibulo.

La ventaja de utilizar una red de fibra óptica a diferencia del cableado convencional que se realiza por medio de cobre es que utilizando fibra óptica se mejora la transmisión de los datos, ya que a través del cableado de cobre se tiene una velocidad de hasta 100 Mb/s, pero al utilizar fibra óptica se alcanza velocidades de hasta 1 Gb/s lo cual garantiza disponibilidad del servicio hasta un 98% del tiempo así como también calidad de video, sonido y una red segura.

1.3 OBJETIVOS

A continuación, se describen los objetivos que generan el marco de trabajo de este proyecto de titulación.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la red FTTH (Fiber to the home o Fibra hasta el hogar) del barrio La León para que proporcione servicios de voz, video y datos mejorando el ancho de banda, la velocidad, con reducción las interferencias, y garantizando la disponibilidad del servicio el mayor tiempo posible.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información necesaria de la red actual para el dimensionamiento de la red FTTH (Fiber to the home) del barrio La León.
- Diseñar la red FTTH (Fiber to the home) en el barrio La León para que se ofrezca servicios voz, datos y video que permita altas velocidades de transmisión y alta disponibilidad del servicio.
- Simular la capa física de la red FTTH (Fiber to the home) mediante un software el mismo que proporciona información para la determinación de la viabilidad técnica.
- Analizar los costos para la determinación de la factibilidad de su implementación.

1.4 METODOLOGÍA

Se parte de un análisis de la red actual: El método empleado es descriptivo ya que al partir de las características principales de la red antigua se proyecta la nueva red FTTH.

Para el diseño de la red: El método empleado es investigativo ya que los datos obtenidos se analizan se prueban y se determinara los mejores elementos y ubicaciones de dispositivos para poder plasmar un diseño claro y preciso.

Para la simulación de la red: El método empleado es experimental ya se aplican diferentes modificaciones de las variables que determinaran el correcto funcionamiento de la red en condiciones muy cercanas o similares a la realidad.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se describe conceptos principales que usaremos en el desarrollo de la presente proyecto de titulación, así como características de software, definiciones de algoritmos empleados, elementos a ser usados en una red FTTH, y finalmente un análisis de la red antigua del barrio en el cual se está desarrollando el diseño.

2.1 FIBRA ÓPTICA

Para comprender mejor el término fibra óptica se describe como una delgada hebra esta puede ser de vidrio o de silicio fundido y a través de la misma conduce luz cuenta con dos filamentos los cuales se utilizan para comunicaciones bi -direccionales para transmisión y recepción. (Juan Diego Quishpi Lucero, 2015).

Como otro concepto se puede decir que la fibra óptica no es más que el manejo y manipulación de luz de manera que se pueda controlar si se remonta años atrás esta técnica ya se empleaba con los egipcios quienes manejaban la luz por medio de espejos para iluminar las pirámides internamente, actualmente usamos la luz controlada dentro de cables con terminaciones especiales para que se logre transmitir, el cable por el cual viajara la luz cuenta con una estructura la cual contiene un hilo que drenara la humedad, fibras por las cuales viajara la luz, lossers buffers que es un tubo que recubre la fibra, cinta de mylar una pequeña capa compuesta de poliéster para aislar, cinta antillama para proteger del calor y el fuego, hilos de kevlar para protección del cable, vaina que recubre todo el cable con todos los elementos antes mencionados. (Rodriguez, 2016)

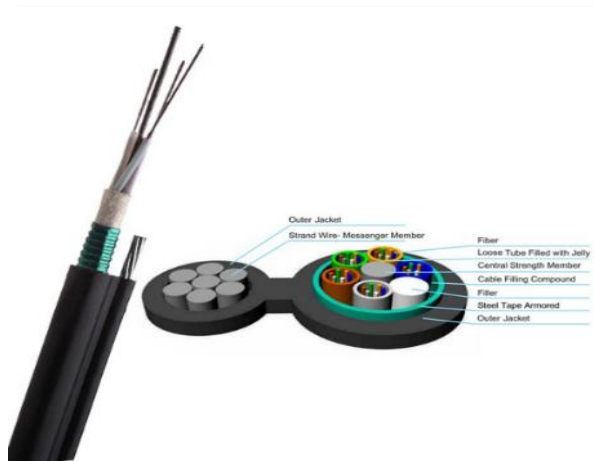


Figura 2.1 Fibra óptica
(Juan Diego Quishpi Lucero, 2015)

2.2 REDES PON

También conocida como Passive Optical Network este tipo de red puede ser punto a punto o multipunto la ventaja de este tipo de red es que elimina los componentes activos que se usaban convencionalmente entre el punto de origen y el punto de red final esto se hace usando componentes ópticos pasivos como espliters o divisores ópticos. (Jordi Casademont, 2015)

Una red Pon se utiliza como una interfaz con el nodo que brinda el servicio con la finalidad de en vez de utilizar un cable de fibra para cada uno de los abonados se tiende un solo cable de fibra el mismo que se utiliza para todos los abonados mediante otros elementos externos llamados espliter al cual llega una acometida desde la OLT y divide a cada uno de los abonados con un máximo de 32, dentro de una red PON se tiene elementos básicos que son una OLT (Terminal Óptico de Línea) que estará ubicado como la cabecera de la red, ONT (Terminales Ópticos de la red) que estarán ubicados en las instalaciones finales de los abonados y una ODN (Red de distribución óptica) en la cual encontraremos acopladores así como divisores pasivos. (Casademont, 2016)

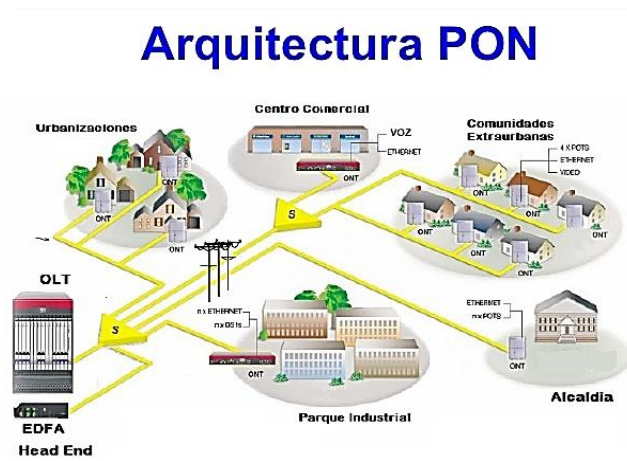


Figura 2 Arquitectura red PON
(Jordi Casademont, 2015)

2.3 REDES GPON

Considerada como la tecnología de acceso con una característica especial en su arquitectura la cual puede ser punto a multipunto y es una de las tecnologías más avanzadas actualmente también conocida como Passive Optical Network este tipo de red es la estandarización de las populares redes PON, este tipo de red se caracteriza por llegar a alcanzar velocidades superiores a 1Gbit/s, la unión internacional de telecomunicaciones en los años 2002 empezó a trabajar con este tipo de estándar, una de sus grandes motivaciones fue ofrecer un ancho de banda mayor y con eso garantizar eficiencia al transportar servicios IP adicional las distancias desde la central hasta el abonado pueden ser mayores, la resistencia a campos electromagnéticos es muy superior a otro tipo de red, dispone de mayor seguridad sin degradar la señal de llegada y esto se puede lograr con una notable reducción de repetidores otros dispositivos que no solo mejora calidad sino que también reduce costos de implementación así como menor consumo de energía se reduce el espacio y el tendido puede ser aéreo sustituyendo al subterráneo , una red GPON cuenta con una transferencia de tráfico a niveles muy superiores en sistemas WDM (multiplicación óptica o Dense Wavelegth División Multiplexing) . (Huidobro, 2017)

Gracias este tipo de red se ha desarrollado nuevas tecnologías como es el caso de las redes NGPON conocido como next generation PON o siguiente generación de una red PON las ventajas de utilizar este tipo de red es mayor ancho de banda así como el alcance pero reutilizando en su totalidad la fibra óptica pasiva actualmente es una

tecnología que cada día se sigue investigando y desarrollando por grandes empresas como Alcatel, LG, Huawei y ZTE los cuales han demostrado que este tipo de tecnología ganara gran acogida por sus ventajas lo que se intenta actualmente es reducir el coste que oscila entre un 75 a 85% más del coste establecido del coste a ofrecer. (Gorshe, 2016)

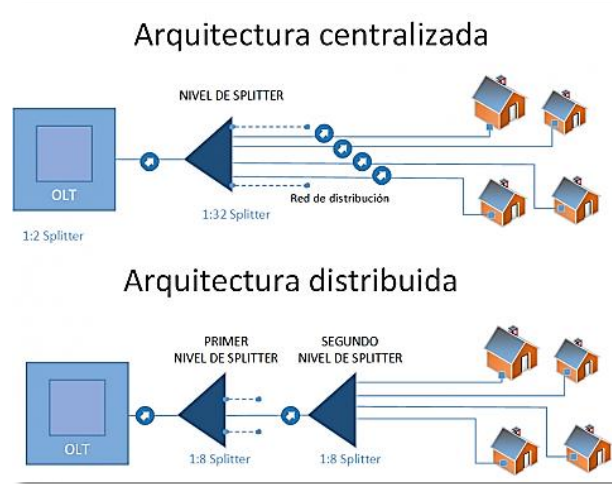


Figura 2.3 Arquitectura red GPON
(Huidobro, 2017)

2.4 FTTH (Fiber to the home).

Cuando se habla de fibra hasta el hogar se habla de tecnología en telecomunicaciones, prácticamente es la utilización de fibra óptica para realizar cableado hasta los domicilios de los usuarios para brindar un servicio en este caso “Internet”. Este tipo de tecnología ya se lleva incorporando hace 10 años a nivel mundial en países como Japón, EEUU y España, la ventaja de usar este tipo de servicio es que permite el uso de grandes velocidades, pero depende mucho del tipo de cable modem. (Blokdyk, 2019). Dentro de la red FTTH tendremos los siguientes elementos los cuales nos ayudaran en el proceso de transmisión, recepción, mantenimiento entre estos tenemos las cajas NAP también conocida como Network Access Point, es un elemento utilizado para la distribución de redes FTTH, se las utiliza para la transmisión en la red de bajada al abonado o el usuario se pueden instalar en los muros o en los postes muy útiles para exteriores. (OECD/Bid, 2016)



Figura 3.4 Caja NAP
(OECD/Bid, 2016)

Las cajas NAP son de gran utilidad ya que con ellas se llega a brindar el servicio al abonado quien es toda persona jurídica o física que realiza un abono (pago) al uso de un servicio este servicio puede ser periódico o a su vez limitado, durante un número de veces determinado o durante un determinado tiempo, por medio de un contrato. (Escavy, 2017). Adicionalmente un elemento fundamental en una red FTTH es el pozo el cual es utilizado para mantenimiento y escalabilidad de una red es un hoyo profundo en la tierra de forma circular en el cual pueden encontrar cajas de dispersión se ubican cada 500 m de pozo a pozo. (McCarthy, 2015)

2.5 ÁRBOL DE EXPANSIÓN

Partiendo de un grafo que es una representación o un esquema en el cual está compuesto por vértices y aristas, este grafo tiene conexión con cada elemento que lo conforme como podemos apreciar en la figura que se muestra a continuación adicional se debe fijar una ruta para su conexión, un grafo no solo puede tener un árbol sino algunos árboles. (Alonso, 2015)

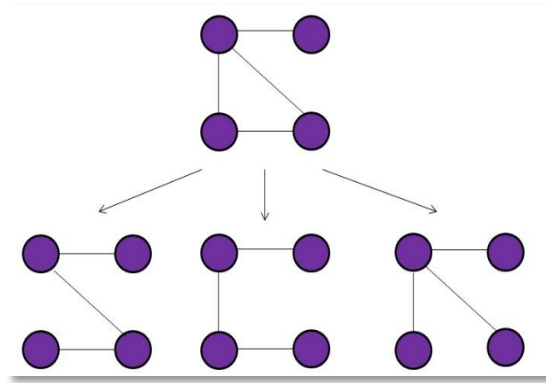


Figura 2.5 Árbol de expansión
(Alonso, 2015)

Así como es importante tener en cuenta un árbol de expansión también se necesita conocer un poco acerca de cartografía que es una fusión de la tecnología, el arte y la ciencia para plasmar un diseño gráfico de un mapa hasta obtener un dibujo el cual contenga una recopilación y procesamiento de los datos desde el origen como podemos observar en la siguiente figura 6. (Meliá, 2017)

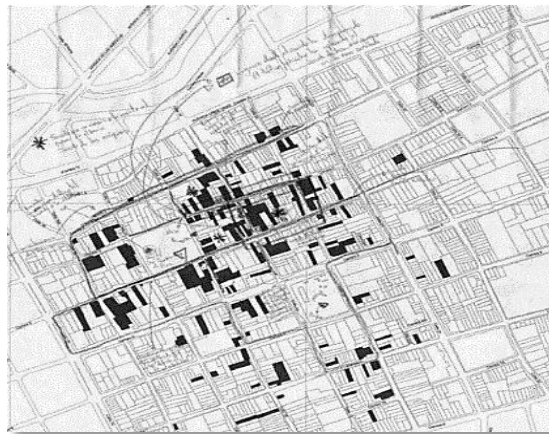


Figura 2.6 Ejemplo de cartografía
(Meliá, 2017)

Para el planteamiento de nuestro diseño trabajaremos con mapas georreferenciados en los cuales se aplica el uso de coordenadas para ubicaciones específicas estas ubicaciones son espaciales y se reflejan en entidades cartográficas, cada elemento dentro de una capa de un mapa contiene una ubicación geográfica así como también

una extensión muy específica la cual nos ayuda para situar un punto en la superficie terrestre.

Para la ubicación específica de un lugar se lo realiza mediante el uso de un sistema de coordenadas estas mismas pueden ser latitud – longitud, cartesianas o planas que parten de un marco global, los mapas a ser representados constan de marcas de graduación también cuadrículas las mismas que contienen etiquetas con una gran diversidad de ubicaciones dentro de la tierra como podemos observar en la siguiente figura 7. (López, 2016)

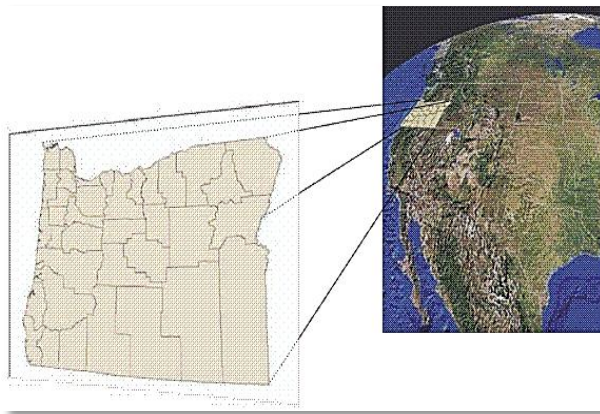


Figura 2.7 Mapa georreferenciado
(López, 2016)

Con la ayuda de un complemento o extensión para el software Matlab se emplea la herramienta OpenStreetMap o llamado también OSM por sus siglas nació como un proyecto colaborativo en el cual se crean mapas de manera que estos puedan ser editables y a su vez libres para el uso de cualquier persona los mapas creados parten de información geográfica suministrada de GPS u otros dispositivos o a su vez de representación fotográfica de una zona específica la cual contiene todos sus elementos a la misma escala para que no existan errores, los datos recopilados son almacenados y distribuidos a cualquier usuario bajo licencia abierta, cada persona que OSM tiene la capacidad de crear y corregir datos de mapas creando una cuenta gratuita, actualmente esta comunidad crece aproximadamente un 10% mensual esto quiere decir que cada semana se añaden aproximadamente 90.000 Km de carreteras así como caminos, puntos de interés, etc para lo cual cuenta con un almacenamiento superior a

los 800 gigabytes, su logo es el que se puede observar en la siguiente figura 8. (López, 2016)



Figura 2.8 Logo OpenstreetMap
(López, 2016)

Para el trabajo de diseño se propuso la utilización de algoritmos los cuales se aplicaran en el software Matlab uno ellos es el algoritmo de Kruskal que es método utilizado para hallar el árbol recubridor mínimo o árbol de expansión mínimo, este método busca un grupo o sub conjunto de aristas en un grafo con sus respectivos vértices en el cual la suma de todas las aristas de este conjunto es el mínimo, el algoritmo trabaja de la siguiente forma, un ejemplo se puede observar en la siguiente figura 9: (Alonso, 2015)

- Del grafo original se crea un subconjunto de árboles donde cada vértice tendrá su árbol propio.
- Del grafo original se crea un subconjunto de las aristas del grafo.
- Se eliminan aristas con pesos grandes y se une sub árboles.

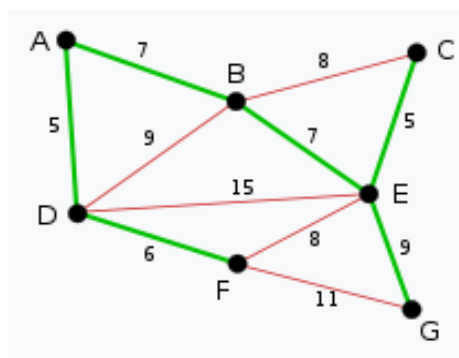


Figura 2.9 Algoritmo de Kruskal
(Alonso, 2015)

Como segunda opción emplearemos el algoritmo de Prim que es un método utilizado en la teoría de grafos o para encontrar el árbol mínimo el cual trabaja con las aristas y vértices de un grafo para así encontrar el árbol mínimo, los pasos que emplea el presente algoritmo son los siguientes un ejemplo lo podemos observar en la siguiente figura 10: (A.M Vieites, 2015)

1. El algoritmo elige un vértice en el grafo al azar para partir.
2. Selecciona un lado del vértice el de menor distancia para así unirlo con otro vértice e ir formando un nuevo árbol.
3. Repite el paso número 2.

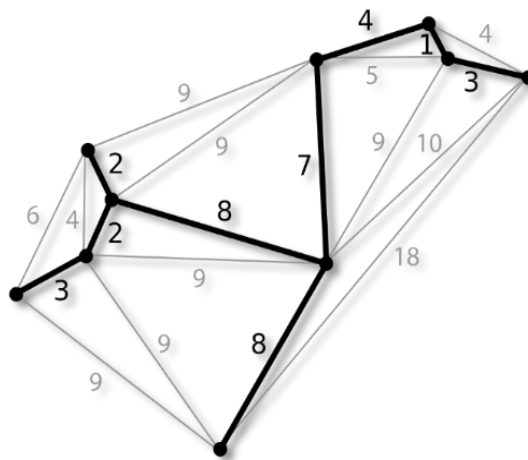


Figura 2.10 Algoritmo de Prim
(A.M Vieites, 2015)

Una vez obtenidas los resultados entre los diferentes algoritmos utilizados más adelante se podrá determinar una diferencia entre los mismos y tomar una decisión de cuál de los dos es el más ideal en este proyecto para una futura ejecución.

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED

A continuación, se presenta un análisis situacional del barrio La León, para tener una base del número de abonados y capacidades actuales de la red, esto permitirá dimensionar la futura red FFTH así como los equipos intermedios usados. Además, se procederá a verificar y analizar cómo se encuentra la red física actual (pozos y ductos) de la corporación nacional de telecomunicaciones, lo que nos dará las rutas fijas para el árbol de expansión a crear.

Se conoce que actualmente existe más de un proveedor de servicios de Internet en la provincia de Pichincha, pero uno de las principales empresas que brindan este servicio es CNT como podemos observar en la tabla 1 CNT ocupa el 48% del mercado actualmente.

Tabla 3. 1. Partición de proveedores

Proveedor	Participación
Telconet S.A.	1%
Punto net S.A	4%
CNT	48%
Etapla E.P	4%
Setel S.A	11%

Fuente: Estadística. 2019

En la ciudad de Quito el servicio de internet es proporcionado por la empresa CNT, en la tabla 2 se presentan los porcentajes del uso del servicio de internet fijo y móvil en la ciudad de Quito de los dos últimos años 2018 y 2019.

Tabla 3.2 . Cuentas por cada 100 habitantes

Cuentas por cada 100 habitantes		
Año	2018	2019
Internet Fijo	11,48%	11,68%
Internet Móvil	54,88%	53,58%

Fuente: Estadística. 2019

Los últimos datos obtenidos por la agencia de regulación y control Arcotel indican que en enero del 2019 la ciudad de Quito cuenta con 773.000 abonados que usan el servicio de internet fijo como podemos observar en la tabla 3.

Tabla 3.3 . Datos Abonados y Prestación Servicio

Fecha	Abonados Quito	Prestación de servicio
2018	777,625	8,545
Ene. 2019	773.230	8,48

Fuente: ARCOTEL. Control, 2018

La empresa CNT brinda paquetes de servicios a distintas velocidades y costos como se puede observar en la tabla 4 cabe recalcar que este tipo de paquetes es por un servicio de Internet por medio de tecnología ADSL que transmite por medio de cable de cobre.

Tabla 3.4. Anchos de Banda CNT

Anchos de banda		
Down	Up	Costo
3Mbps	1Mbps	\$ 18
5Mbps	2Mbps	\$ 24,90
10Mbps	3Mbps	\$ 36
15Mbps	5Mbps	\$ 80

Fuente: Telecomunicaciones. 2019

Con la información brindada por la empresa y los datos investigados como se puede observar en la tabla 5 podemos mirar que el Barrio la León cuenta actualmente con un servicio de internet fijo a una velocidad de 3 Mbps lo cual con el crecimiento del barrio con el pasar de los años ha provocado que la red original llegue a saturarse y provocar malestar a los usuarios que tienen que lidiar día a día con un servicio de baja calidad y con intermitencias continuas.

Tabla 3. 4. Uso del servicio de internet

Uso del servicio de internet CNT Barrio La León				
# de familias	Velocidad	Tecnología	Resistencia	Tarifa
44	3Mbps	ADSL	700 Ohmios	18,0
2	5Mbps	ADSL	600 Ohmios	24,90

Fuente: CNT Barrio La León

En la siguiente figura podemos apreciar el barrio la León arquitectónicamente mediante planos suministrados por la empresa en la cual se puede observar el número de postes que corresponde a 57 y el número de pozos que corresponde a 15 que actualmente ya cuenta el barrio y los cuales son de importancia para el diseño.

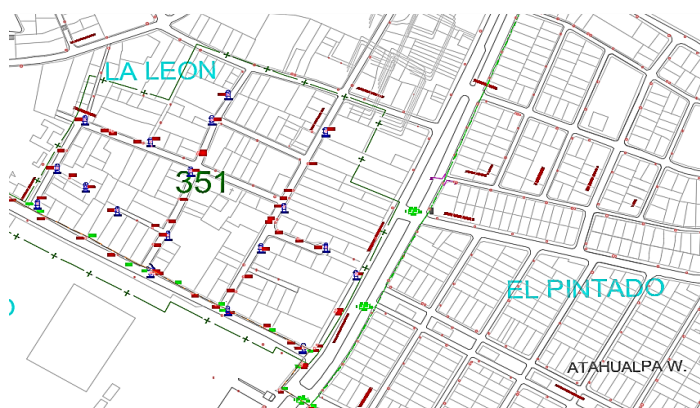


Figura 3.11. Plano Barrio La León
Fuente: Arteksolution Cia.Ltda

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y SIMULACIÓN

En este capítulo se detallará el proceso de diseño y simulación de la red FFTH para el barrio La León en la ciudad de Quito para lo cual se empleara la ayuda de diferentes programas computacionales los mismos que proporcionaran información de los parámetros de optimización y de desempeño de la red.

Para el modelado de redes se tiene un problema el cual es encontrar el camino más pequeño de entre varios caminos existentes en una red con varios vértices, con el fin de que se pueda pasar entre ellos una sola vez y evitando bucles, con el camino más corto se puede hacer un ahorro de cableado.

Los algoritmos más utilizados para el modelado de diseño de redes son: Dijkstra, Bellman-Ford, Prim y Kruskal.

El algoritmo de Dijkstra explora todos los caminos cortos que inician desde el vértice de principal el cual se lo puede asignar manualmente y luego va calculando los siguientes vértices, una vez que se consigue el camino más pequeño desde el vértice inicial hasta los otros vértices que componen la red, el algoritmo termina. No funciona con redes o grafos con aristas que tengan valor negativo, si existiese una arista con valor negativo el algoritmo tendría errores al calcular el camino más corto. (Raji Ramakrishnan Nair, 2019)

El algoritmo de Bellman-Ford calcula de entre varias rutas, la ruta más corta desde un nodo principal hacia otros nodos, para esto es necesario agregar o calcular valores o pesos para las respectivas aristas, la diferencia entre este algoritmo otros algoritmos que calculan el coste mínimo es que este algoritmo si soporta pesos negativos, por lo que es recomendable usarlo si hay un valor negativo en sus aristas. (Raji Ramakrishnan Nair, 2019)

En el diseño propuesto se va utilizar los algoritmos de Prim y Kruskal para realizar el cálculo del camino más corto en la red FTTH debido a que estos algoritmos son más usados en redes medianas y pequeñas es decir menores a 500 nodos.

4.1 DISEÑO DE LA RED FTTH

Como primer requerimiento es necesario trazar el mapa del barrio la León para lo cual se usó el programa Matlab y se utilizó mapas georreferenciados proporcionados por la empresa Google a través de google maps, para ello es necesario exportar el mapa del barrio a través de OPENSTREETMAP en la que se puede ingresar por medio de un navegador como se puede apreciar en la figura 12.

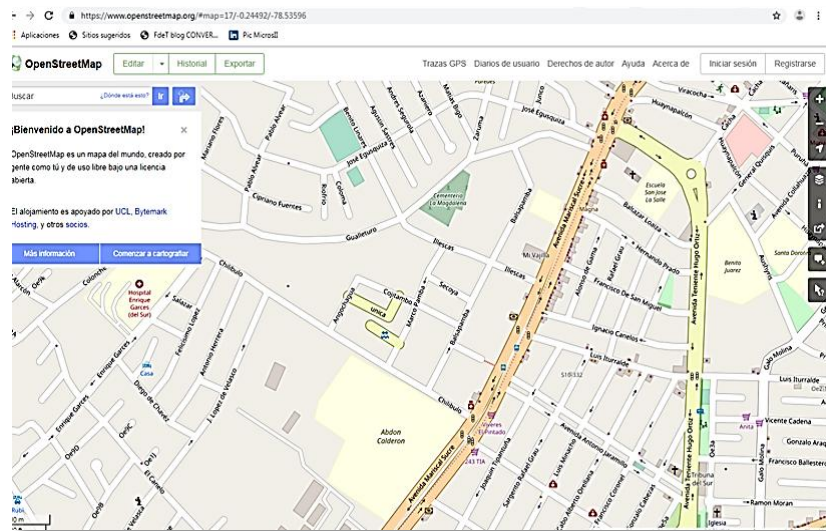


Figura 4. 12. Mapa del barrio LA LEON
OPENSTREETMAP

Fuente: <https://www.openstreetmap.org/#map=17/-0.24269/-78.53536>.)

Una vez dentro de la extensión para la visualización de mapas se busca la zona que se desea y al exportar se guarda dos archivos para poder utilizar dicho mapa, uno de estos archivos tiene una extensión OSM y el otro una extensión PNG como se observa en la figura 13.

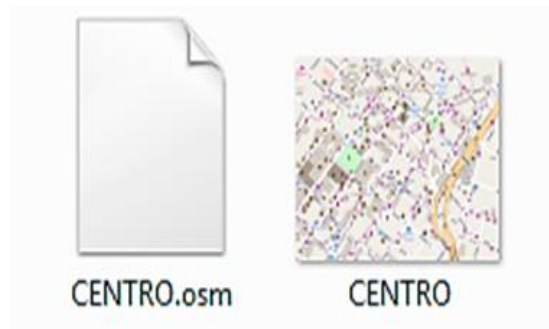


Figura 4.13. Extensiones OSM y XML
Fuente OPENSTREETMAP
Elaboración: Autores

Una vez obtenido el mapa del barrio La León con las dos respectivas extensiones el software Matlab ya es capaz de abrir el mapa como se muestra la figura 14.

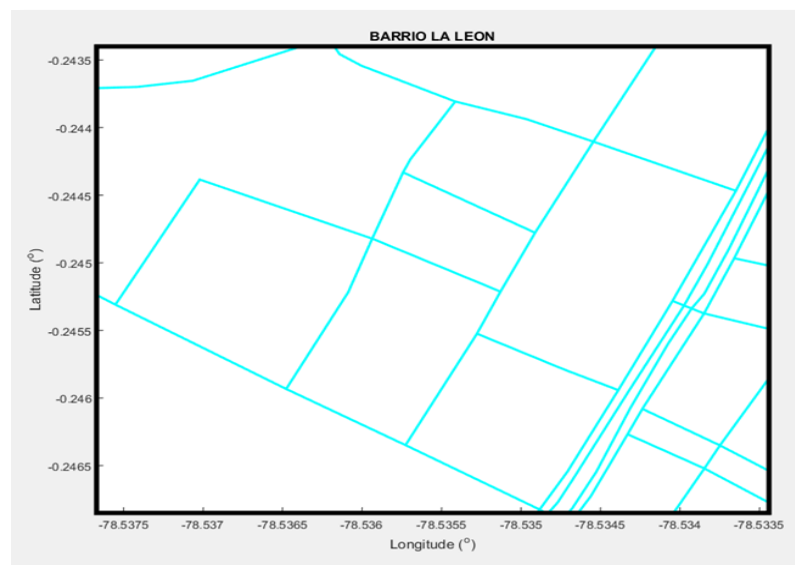


Figura 14. Mapa del barrio la LEÓN
Fuente: MATLAB
Elaboración: Autores

En el mapa del barrio la León importado en Matlab se puede observar las calles de color cian en ellas se tiene que ubicar pozos, cajas NAP y abonados que son elementos por donde tiene que pasar la fibra óptica. Por otro lado, la empresa ARTEKSOLUTION ya disponía de una ubicación tentativa de estos elementos en el barrio la León por lo que solo fue necesario colocarlos en Matlab, para diferenciar estos elementos se hizo uso de ciertos símbolos con los que trabaja Matlab, los pozos están representados por cuadrados de color rojo, las cajas NAP están representadas por

triángulos de color lila y los abonados están represando por estrellas de color verde como muestra la figura 15.



Figura 15. Mapa del Barrio la León con pozos, cajas NAP y abonados

Elaboración: Autores

En el barrio la León se identificaron 96 abonados por la empresa ARTEKSOLUTION entonces se dispuso cajas NAP para trabajen hasta con 8 abonados cada una, en la figura 16 se muestra la ubicación de las cajas NAP y sus respectivos abonados. Si se ocupan todos los puertos de las cajas NAP se pueden tener hasta 144 abonados en este diseño.

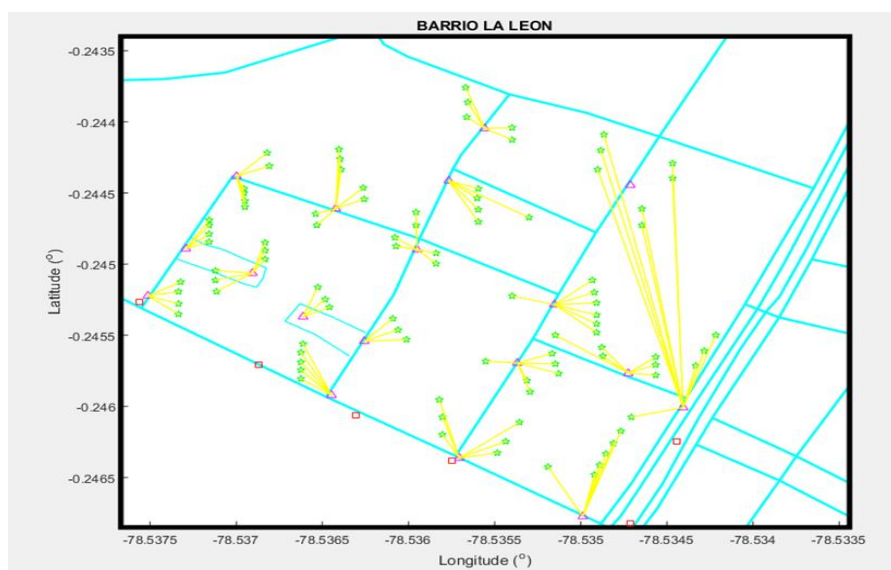


Figura 4.16. Mapa del barrio la León con cajas NAP y sus respectivos abonados

Elaboración: Autores

Con el fin de optimizar la ruta por donde debería tenderse la fibra para la conexión a los abonados, se implementaron los algoritmos de PRIM y KRUSKAL, mismos que requieren de las distancias entre pozos y cajas NAP, para la generación del árbol de expansión. Para ello, se implementó en Matlab un script que realice las conexiones entre todos los elementos y calculé su respectiva distancia como se observa en la figura 17, cabe indicar que no se toma en cuenta la distancia entre las cajas NAP y los abonados ya que los abonados tienen que estar siempre unidos a sus cajas NAP.

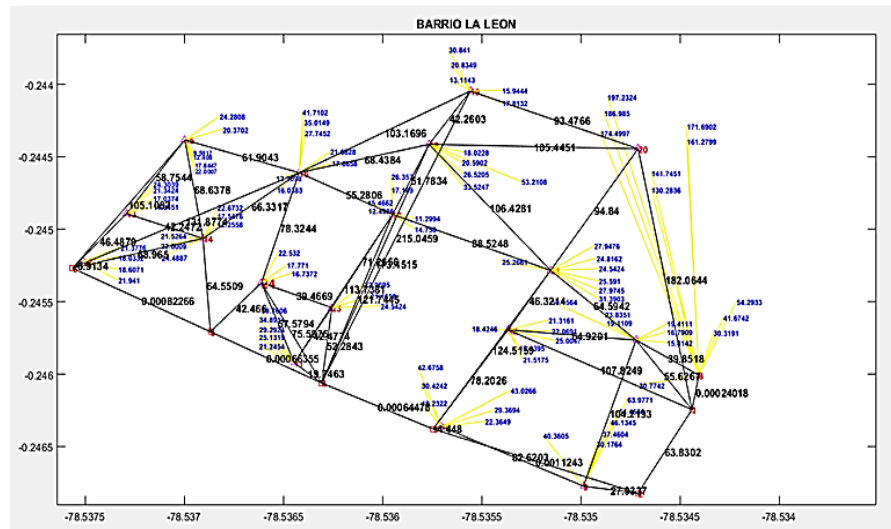


Figura 4.16. Conexión y distancia entre pozos, cajas NAP y abonados
Elaboración: Autores

Ahora las distancias calculadas tienen que ser ingresadas en el algoritmo de PRIM el cuál retorna el coste mínimo es decir la ruta más óptima por la que puede pasar la fibra óptica en el barrio la LEÓN desde los pozos hacia las caja NAP, con esto se evita las redundancias y se llega a todos los abonados. En la figura 18 se muestra un trazo de color lila el cual representa la ruta más corta y óptima calculada por el algoritmo de PRIM que fue 1142.47 m, que representa la longitud de fibra óptica que se tendría que usar.

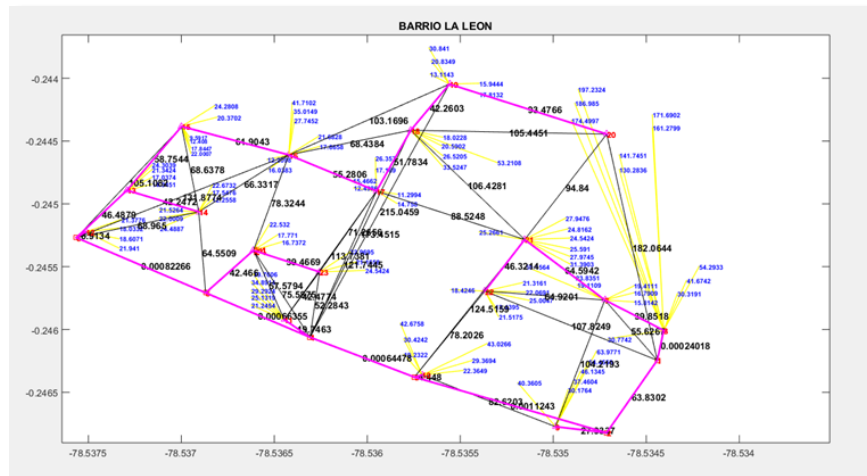


Figura 4.17. Ruta calculada por el algoritmo de PRIM
Elaboración: Autores

El algoritmo de Kruskal también hace uso de las distancias para calcular el coste mínimo, para esto en Matlab se hizo uso de las distancias previamente calculadas entre los pozos y cajas NAP, el algoritmo de Kruskal retorno el valor de 1142.47m y dio como resultado la siguiente ruta a tomar que se muestra en la figura 19.

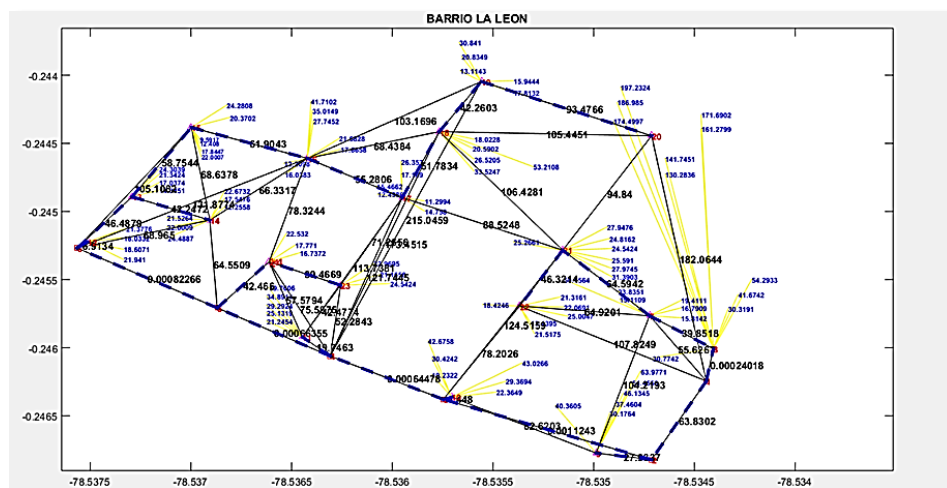


Figura 4.18. Ruta calculada por el algoritmo de Kruskal
Elaboración: Autores

Como se puede observar, el coste mínimo calculado por el algoritmo PRIM y KRUSKAL fue del mismo así como la ruta dada lo que corrobora que es la más óptima para la disposición geográfica y el número de abonados. Además, a esto se debe sumar la distancia entre la OLT ubicada en la VILLAFLOA y el primer pozo la cuál es 2700 m, entonces al sumar estos dos valores se tiene un total de 3842.47 m, este valor representa el recorrido de la fibra óptica que tendrá desde la OLT hacia los pozos y cajas NAP del barrio la LEÓN, cubriendo a todos los abonados de este sector.

Tabla 4.5. Distancias obtenidas de los algoritmos.

Algoritmo	Distancia
PRIM	1142.47m
KRUSKAL	1142.47m

Elaboración: Autores

En la tabla 6 se observan las distancias de los algoritmos de Prim y Kruskal obtenidos de Matlab que van desde el primer pozo hasta la última caja NAP.

La distancia de los abonados no se toma en cuenta ya que una caja NAP se distribuye hasta 8 abonados y si los abonados fueran ingresados en los algoritmos la caja NAP solo llegaría a un solo abonado ya que los algoritmos evitan redundancias.

Tabla 4.6. Distancia entre OLT y NAP

Distancia entre OLT y NAP	3842.47 m
----------------------------------	-----------

Elaboración: Autores

En la tabla 7 se muestra la distancia entre la OLT y la caja NAP más lejana, se toma en cuenta la más lejana con el fin de hacer el análisis con mayor pérdidas es decir el peor escenario posible.

4.2 SIMULACIÓN

A continuación se detalla los parámetros utilizados para la simulación en la cual se especificara el tipo de cable, velocidades, distancias, equipos etc.

Para la simulación de la red de fibra óptica se tomó de referencia el abonado que se encuentra a mayor distancia de la OLT con el fin de analizar la potencia de recepción para hacer un análisis en donde tiene más pérdidas en el enlace es decir haciendo énfasis en el peor escenario posible.

La simulación se llevó a cabo usando el software OPTSIM, para ello se realizó dos simulaciones la primera basada en el estándar GPON (1 Gbps) y la otra en GPON (10 Gbps) para tomar en cuenta su crecimiento futuro. La simulación parte desde la OLT ubicada en el sector de la Villaflora hasta el punto más distante de nuestro diseño en el barrio la león, mismo que permitirá comprobar que los parámetros de desempeño se cumplen para la mayor distancia, para lo cual se configuró la fibra óptica con los parámetros indicados en la tabla 6 que corresponde a la fibra mono modo G652D.

A Continuación se muestran los parámetros para el cálculo de la potencia de recepción.

P_{tx} : Potencia de transmisión (dBm)

P_{rx} : Potencia de recepción (dBm)

$\alpha_{Totales}$: Pérdidas totales (dB)

α_{FO} : Atenuación de fibra óptica por cada km (dB/Km)

α_{SP} : Pérdidas por splitter (dB)

α_C : Pérdidas por conector (dB)

α_F : Pérdidas por fusión

$$\alpha_{Totales} = \alpha_{FO} - \alpha_{SP} - \alpha_C - \alpha_F \quad \text{Ec(4. 1)}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{Totales} \quad \text{Ec(4. 2)}$$

En la tabla 8 se muestran los datos utilizados para el cálculo de las pérdidas totales así como la potencia de recepción de la ONU. La distancia dada por el algoritmo de Kruskal en Matlab fue de 3842.47m pero para la simulación se va tomar en cuenta 4Km ya que en el diseño en Matlab no se tuvo en cuenta la distancia de la NAP hacia la ONU, entonces al colocar 4Km se llega al abonado y es posible colocar 5m de fibra de reserva en el abonado.

Tabla 4.7 . Datos de los elementos activos y pasivos de la red FTTH

Elementos activos de la red FTTH		
Potencia de transmisión	1,5dBm	
Sensibilidad del recepción	25dbm	
Longitud de onda	1550nm	
Velocidad	1Gbps-10Gbps	
Modulación	NRZ	
Elementos pasivos de la red FTTH		
Elemento	Cantidad	Pérdida/unidad
Fibra óptica	4Km	0,21 dB/Km
Conectores	10	0,75dB
Splitter 1:8	1	13dB
Fusiones	4	0,1dB

Elaboración: Autores

La pérdida de la fibra óptica fue tomada de la figura 20 donde se muestra la atenuación de la fibra en función de la longitud de onda.

PROPIEDADES OPTICAS			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1310 nm (*)	0,32 / 0,35	dB/km	UNE-EN 188000-303 IEC 60793-1-40
Tip. /Max. Atenuación fibra Individual a 1383 nm (*)	0,28 / 0,31	dB/km	
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1550 nm (*)	0,19 / 0,21	dB/km	
Tip. /Max. Atenuación fibra Individual a 1625 nm (*)	0,20 / 0,24	dB/km	
Uniformidad en la atenuación (Puntos discontinuidad a 1310 o 1550 nm)	< 0,05	dB	
Longitud de onda de dispersión nula	1302 < λ_0 < 1322	nm	UNE-EN 188000-309 IEC 60793-1-42
Pendiente de dispersión a λ_0 (S_0)	$\leq 0,092$	ps/nm ² ·km	
Dispersión cromática máxima (1285 nm - 1330 nm)	$\leq 3,5$	ps/nm·km	
Dispersión cromática máxima a 1550 nm	$\leq 18,0$	ps/nm·km	
Dispersión cromática máxima a 1625 nm	$\leq 22,0$	ps/nm·km	
Dispersión por modo de polarización (PMD) (*)	$\leq 0,2$	ps/√km	IEC 60793-1-48
Coefficiente de PMD del enlace (PMD ₀) (**)	$\leq 0,06$	ps/√km	
Longitud de onda de corte (fibra cableada)	$\lambda_{cc} < 1260$	nm	UNE-EN 188000-313 IEC 60793-1-44

Figura 4.19. Propiedades de la fibra G 652D
(Rodríguez, 2016)

Para la simulación es necesario colocar el valor de las pérdidas totales que se tienen en la red FTTH, entonces mediante la ecuación 1 se tiene:

$$\alpha_{Totales} = 4Km(0.21dB/km) + 3,25dB + 9,75dB + 9(0,77dB) + 4(0,1dB)$$

$$\alpha_{Totales} = 20,34dB$$

Para el cálculo de la potencia de recepción se utiliza la ecuación 2 que se muestra a continuación:

$$P_{rx} = 1.5dBm - 20,34dB$$

$$P_{rx} = -18,84dBm$$

La potencia de recepción de 18,84dBm es lo que se espera obtener en la simulación en OPTISIM.

La tabla 9 muestra los valores teóricos de la potencia de recepción y las pérdidas totales que existen debido a conectores, splitters, fusiones y por fibra óptica.

Tabla 4.8. Potencia de recepción y pérdidas totales

Potencia	Perdida
Potencia de recepción (teórica)	-18.84dBm

Pérdidas totales (teórica)	20.34
----------------------------	-------

Elaboración: Autores

En la tabla 10 se muestra los parámetros de potencia para GPON tanto para OLT y ONU para 1GB y 10GB.

Tabla 4.9. Potencia de OLT y ONU

Equipos	Potencia
OLT	1.5 dBm
ONU	-28 dBm

Elaboración: Autores

En la figura 21 se muestra la configuración de los elementos activo y pasivos de la simulación en OPTSIM para la red FTTH con una velocidad de 1 Gbps.

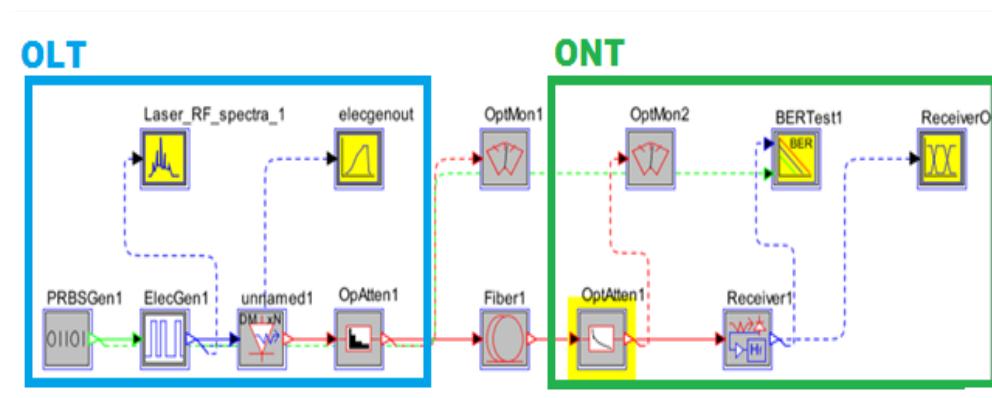


Figura 4.20. Simulación

Elaboración: Autores

La siguiente simulación cuenta con los siguientes elementos de izquierda a derecha, un generador de secuencia binaria pseudoaleatoria de 27-1, un driver que convierte la señal binaria en señal eléctrica, la cual modula de manera directa a un láser de tipo Fabry Perot a una longitud de onda de 1550. Un normalizador de potencia óptica es empleado para tener un flujo continuo de potencia que ingresa a los 4Km de fibra óptica el cuál se especifica la distancia entre la OLT y la ONU más distante del barrio al que llegara. Así también, un atenuador que simula las pérdidas de los conectores y

empalmes y la división de potencia hacia los otras ONU. Finalmente, el receptor óptico que simula las ONUs de los abonados configurado con los parámetros de sensibilidad y ancho de banda del filtro para cumplir con los equipos que se colocarán y las velocidades de transmisión correspondientes.

En la figura 21 también se observan los instrumentos de medida virtuales para la medición de la señal y sus parámetros de desempeño como son: analizador de espectro, osciloscopio, medidor de potencia óptica, BER y Diagrama de ojo.

A continuación en la figura 22 se puede observar el espectro de la señal óptica antes de ingresar al laser en el cual se aprecian los lóbulos en 1 Gbps respectivamente.

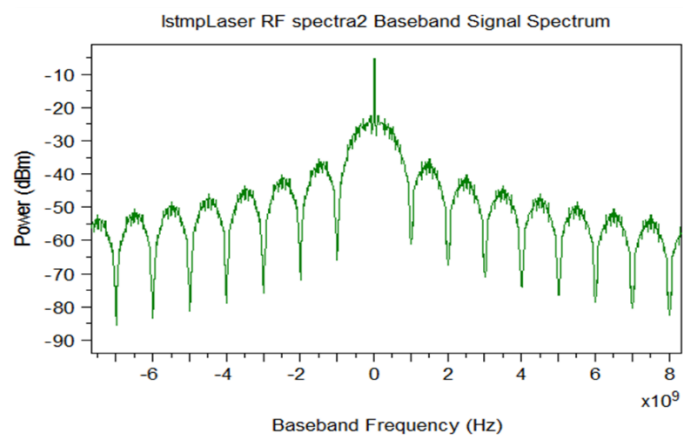


Figura 4.21 Espectro de la señal óptica a 1Gb antes de ingresar al láser
Elaboración: Autores

En la figura 23 se puede observar que al ingresar una atenuación como se detalla en la tabla 7 obtenemos una longitud de onda de 1550 nm y con la ayuda de analizador espectral obtenemos la siguiente figura.

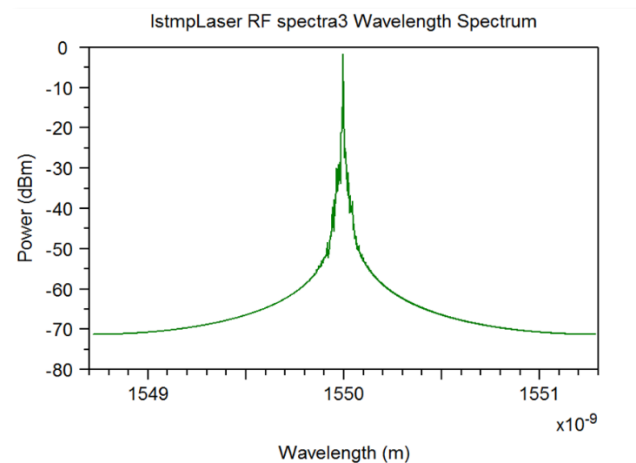


Figura 4.22 Espectro de la señal óptica a 1Gb al salir del láser
Elaboración: Autores

Una vez que se puede comprobar los datos calculados con los simulados ingresamos distancia de la fibra óptica desde la OLT asta nuestra ONU y la atenuación para determinar el BER (Cantidad total de bits recibidos) que para nuestra transmisión de 1 Gbps se obtuvo un valor de 1.0061×10^{-11} .

Como estándar cabe recalcar que existe valores pre establecido de BER con los que me indican si mi sistema se encuentra trabajado de manera correcta o no como podemos apreciarlo en la siguiente tabla.

Tabla 4.10. Tasa de errores BER

Calidad de sistemas de transmisión será ponderada por su tasa de errores BER	
Sistemas muy buenos	BER: 10^{-9} A 10^{-10}
Sistemas buenos	BER: 10^{-6}
Sistemas degradados	BER: 10^{-3} A 10^{-5}
Sistemas dañados	BER $> 10^{-3}$

Fuente: IEC 60870-3 y IEC 60801-4

En la siguiente figura 24 se puede observar el diagrama de ojo el cual tiene una señal en la recepción casi sin pérdidas el Jitter que se forma es casi perpendicular en cada periodo de bit y no contiene ruido en ninguna de las regiones.

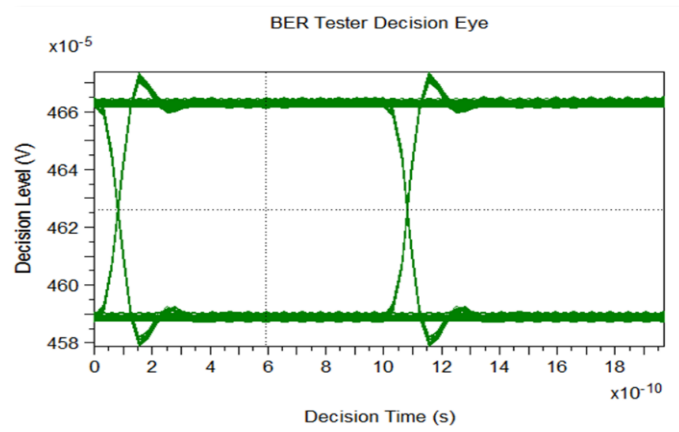


Figura 4. 23. Diagrama de ojo velocidad 1Gb
Elaboración: Autores

Para el caso de 10 Gbps la configuración de los componentes de la simulación fue la misma que simulación de 1Gbps, el único cambio que se realizó fue modificar el parámetro de velocidad de transmisión a 10Gbps.

Con la utilización de un analizador de espectro se puede observar en la figura 25 la señal óptica antes de ingresar al láser con una velocidad de 10 Gbps como se puede apreciar en cada uno de los lóbulos formados.

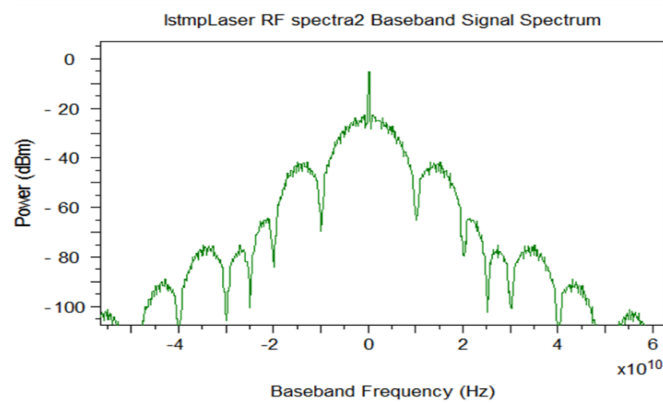


Figura 4.24. Espectro de la señal óptica a 10Gb antes de ingresar al láser
Elaboración: Autores

Ingresando parámetros previamente obtenidos como se puede constatar en la tabla 7 se obtiene la siguiente figura 26 en la cual se observa la longitud de onda que corresponde a 15500 nm lo cual me indica que el sistema trabaja óptimamente.

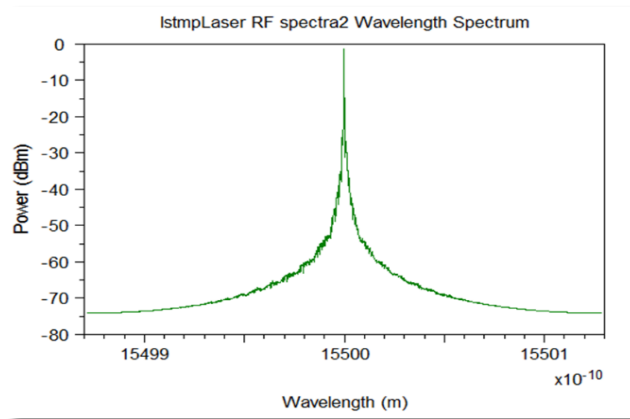


Figura 4. 25. Espectro de la señal óptica a 10Gb al salir del láser
Elaboración: Autores

Para el caso de transmitir 10Gb con los parámetros previamente expuestos en la tabla 7, ecuación 1 y 2 se obtiene un BER correspondiente a 4.4970×10^{-9} el cual expresa que la simulación está trabajando óptimamente para la velocidad requerida.

En la figura 27 se observa el diagrama de ojo y se aprecia a simple vista que tiene un diseño óptimo ya que no tiene perturbaciones, tiene un cruce de amplitud en aproximadamente 0,4 V, la señal obtenida no tiene muchas interferencias en cada una de las distintas zonas del diagrama de ojo por lo cual no va a presentar problemas.

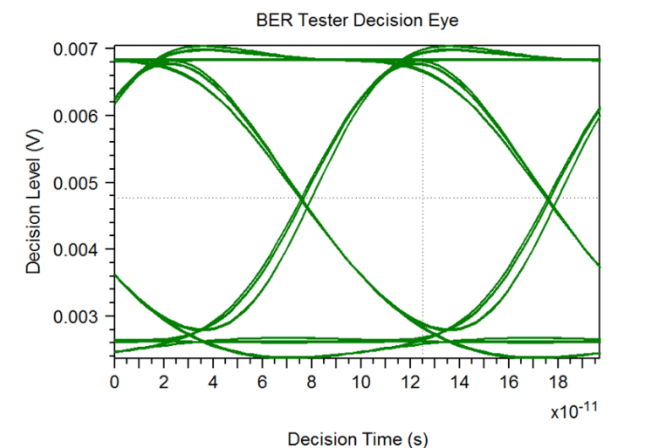


Figura 4.26 .Diagrama de ojo velocidad 10Gb
Elaboración: Autores

En la siguiente figura 28 la señal transmitida pasa por una fibra con una distancia de 4 Km en la cual se puede observar que al llegar al punto más distante o abonado final, el presente diseño y simulación trabaja óptimamente con los valores calculados.

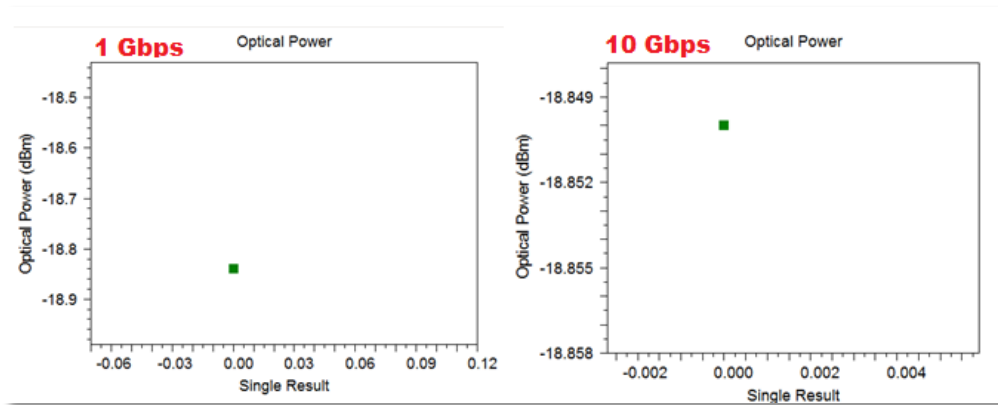


Figura 4.27. Potencia de recepción izquierda 1Gbps, derecha 10Gbps
Elaboración: Autores

Para el caso de la selección de equipos la empresa facilito los equipos que se utiliza en este tipo de proyectos los cuales detallaremos a continuación, para el caso de la ONU los equipos son:

Roseta óptica que se utiliza para la acometida entre la red del proveedor de servicios hacia la red interna en este caso para comunicación directa con el router.



Figura 4.28 Roseta Óptica
Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/roseta-optica>

Pigtail nos sirve para conectar la conexión óptica desde la caja NAP hacia la roseta óptica.



Figura 4.29 Pigtail

Fuente: <https://www.fs.com/mx/products/62288.html>

Router TP link N600 el cual proporciona servicio de internet al hogar de manera alámbrica e inalámbrica se puede ver más características adicionales en el siguiente link.

https://images10.newegg.com/Manufacturer-Brochure/Manufacturer_Brochure_33-704-150.pdf



Figura 4.30 Router TP-Link N600

Fuente: https://images10.newegg.com/Manufacturer-Brochure/Manufacturer_Brochure_33-704-150.pdf

Patch Cord categoría 5 los cuales conectan la roseta y el router y soportan la velocidad de transmisión.

Para el caso de la ODN (sección que une OLT y ONU) tenemos los siguientes equipos:

Caja NAP la cual es un punto de red de acceso donde se ubican los splitters 1:8 conectan la fibras desde el poso hacía varias rosetas ópticas.

Splitters de 1:8 es un divisor óptico que sirve para la redistribución de la señal óptica en varias señales ópticas con menores potencias.

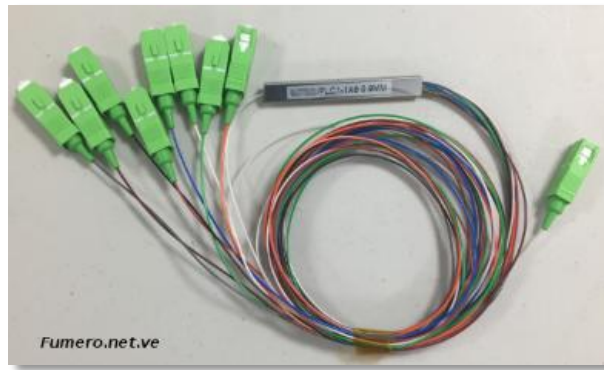


Figura 4.31 Splitters 1:8

Fuente: <https://www.fibraoptica hoy.com/blog/prueba-de-splitter-de-1x8-parte-i/>

Para el caso de la OLT se utilizara los equipos:

Una mini OLT PTF3716E 16 PON Ports GPON de marca PHOTON en la que se encuentra acoplado tarjeta controladora de supervisión de ambiente y una tarjeta controladora de energía, la cual podemos observar sus características en el siguiente enlace adicional a esto para las respectivas conexiones cuenta con cables de energía que soportan 110^a a 450V de 2mm cada uno se puede observar más características en el [siguiente link:](https://www.pbbcom.com/product/products_olt_series_epon_olt_gpon_olt/16_Ports_GPON_OLT.html)
https://www.pbbcom.com/product/products_olt_series_epon_olt_gpon_olt/16_Ports_GPON_OLT.html



Figura 4. 32 Mini OLT 16 puertos

Fuente:

https://www.pbbcom.com/product/products_olt_series_epon_olt_gpon_olt/16_Ports_GPON_OLT.html

Patch cord LC/pc para fibra G.652D el cual tiene una menor atenuación al doblarse se puede observar más características en el [siguiente link:](https://www.fs.com/mx/products/40192.html)
<https://www.fs.com/mx/products/40192.html>



Figura 4.33 Patch cord LC/pc para fibra G.652D
Fuente: <https://www.fs.com/mx/products/40192.html>

Customize 10/100/1000BASE-T SFP Copper RJ-45 100m Module los cuales son de alto rendimiento y cumplen con los estándares de Gigabit Ethernet ponemos encontrar más características principales en el siguiente link: <https://shop.szrollball.com/10-100-1000base-t-copper-sfp-module-shopszrollballcom-p1457.html>



Figura 4.34 Customize 10/100/1000BASE-T
Fuente: <https://shop.szrollball.com/10-100-1000base-t-copper-sfp-module-shopszrollballcom-p1457.html>

Transceptor GLC-LH-SM COMPATIBLE 1.25G SFP 1310nm el cual es un módulo de alto rendimiento y puede trabajar con las características de la fibra que se usa podemos encontrar más datos técnicos en el siguiente link: http://es.etulinktechnology.com/1-25g-sfp-lx-1310nm-10km-transceiver_p116.html



Figura 4.35 Transceptor GLC-LH-SM

Fuente: http://es.etulinktechnology.com/1-25g-sfp-lx-1310nm-10km-transceiver_p116.html

MA5608T MINI OLT la cual contiene ranuras adicionales para funciones adicionales en escenarios FTTH se puede observar más características en el siguiente link: <https://ahtechsolutions.com/ma5608t/>



Figura 4.36 MA5608T MINI OLT

Fuente: <https://ahtechsolutions.com/ma5608t/>

Cabe recalcar que para estos equipos es necesario cables para empalmes tanto para los posos como para la parte exterior (postes) suministros y tendidos de cables, cajas térmicas entre otros materiales detallados en el capítulo 5.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS

En el siguiente capítulo se realiza un análisis con los costos que tendría si se llevara a cabo la implementación del presente diseño adicional a esto con los resultados obtenidos verificaremos si el diseño es viable o no.

En la siguiente tabla se puede apreciar los costos para una red de 320 abonados con lo cual partiremos para realizar el análisis del presupuesto a emplearse.

Tabla 5.11. Costos red 320 abonados

Materiales			
Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
34	Fibra óptica G652D de 48 hilos ADSS span 120mts	0,96	32,64
34	Fibra óptica G652D de 48 hilos armada 120mts	1,10	37,40
34	Fibra óptica G652D de 12 hilos ADSS span 120mts	0,42	14,28
100	Manguitos térmicos	0,10	10,00
40	Cajas Nap IP68	80,00	3.200,00
17	Manga de fibra óptica 48 puertos	50,00	850,00
2	Tensores plásticos con gancho	0,90	1,80
30	Guardacabo / Thimble Clevis	2,85	85,50
30	ODF de 48 puertos SC con patcheo frontal	2,85	85,50
5	Splitter 1:8 conectorizado a los dos extremos	19,55	97,75
320	Patch cord duplex de 5mts SC/APC - SC/UPC	9,00	2.880,00
7	Amarras plásticas negras 30 cm	3,28	22,96
3	Taype plástico negro	0,69	2,07
3	Cinta BRADY 3/4 Blanca	27,00	81,00
3	Rollo cinta velcro 3/4" 5 metros	7,00	21,00
1	Cable LMR400 /RG-8 para MO	3,30	3,30
1	Regularización enlaces de MO (enlace backup)	165,00	165,00
1	Cable AWG para conexión de baterías (4 m promedio)	3,46	3,46
1	Cajas de intemperie para breaker	23,13	23,13
1	Cable sucre para acometida eléctrica #12 AWG	1,67	1,67
1	APSS de 750 Watts	250,00	250,00
1	Baterías secas selladas de 110 A, 12 V	240,00	240,00
1	Borneras para acometida de baterías	1,63	1,63
1	Breakers 20 A	3,82	3,82
1	Sensor temperatura ambiente	8,85	8,85
1	Sensor de humo 24V, de dos líneas photoeléctrico	7,20	7,20
	Total Materiales USD		8129,96

Activos fijos			
Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1	Kit de protección a tierra (pararrayos, electrodo, cable, G-check, guía chispas)	2.500,00	2.500,00
1	MKT CCR-1036	950,00	950,00
1	OLT Calix E7-2, 8 puertos	7.678,47	7.678,47
1	Kit de instalación energía respaldo (6 baterías, UPS, protector, gabinete)	3.850,00	3.850,00
1	Enlaces de microonda de 108 Mbps (equipo)	5.200,00	5.200,00
1	Shelter Macronodo	1.250,00	1.250,00
1	Switch Catalyst 4948-10GE	1.190,00	1.190,00
1	Impresoras	320,00	320,00
2	Computadoras portátiles	680,00	1.360,00
320	Router	35,00	11.200,00
320	Acopladores	30,00	9.600,00
	Total Activos fijos USD		45098,47

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla elaborada se puede apreciar el plan inicial de inversión con el cual se partirá para el análisis, el mismo contiene equipos, materiales y costos adicionales tomados en cuenta.

Tabla 5.12. Plan de inversión inicial

INVERSION TOTAL	
Total Instalaciones y remodelaciones USD	2.000
Total Materiales USD	8.129,96
Total Activos fijos USD	45.098,47
Sub Total Inversión 1 USD	55228,43

INVERSION TOTAL PROYECTADA 1 MES	
Total Materiales directos USD	440,00
Total Mano de obra directa USD	1.350,00
Total Costos Indirectos USD	2.378,00
Total Gastos administrativos USD	2.950,00
Total Gasto de ventas USD	1200,00
Total Gastos mantenimiento USD	400,00
Sub Total Inversión 2 USD	8718

Total Inversion USD	63946,43
----------------------------	-----------------

5.1 CALCULOS DE ANEXOS DE INVERSION

PLAN DE INVERSION

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
Instalaciones y remodelaciones			
1	Adecuaciones USD	1.000,00	1.000,00
1	Garantía USD	1.000,00	1.000,00
	Total Instalaciones y remodelaciones USD		2000

Materiales

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
34	Fibra óptica G652D de 48 hilos ADSS span 120mts	0,96	32,64
34	Fibra óptica G652D de 48 hilos armada 120mts	1,10	37,40
34	Fibra óptica G652D de 12 hilos ADSS span 120mts	0,42	14,28
100	Manguitos térmicos	0,10	10,00
40	Cajas Nap IP68	80,00	3.200,00
17	Manga de fibra óptica 48 puertos	50,00	850,00
2	Tensores plásticos con gancho	0,90	1,80
30	Guardacabo / Thimble Clevis	2,85	85,50
30	ODF de 48 puertos SC con patcheo frontal	2,85	85,50
5	Splitter 1:8 conectorizado a los dos extremos	19,55	97,75
320	Patch cord duplex de 5mts SC/APC - SC/UPC	9,00	2.880,00
7	Amarras plásticas negras 30 cm	3,28	22,96
3	Taype plástico negro	0,69	2,07
3	Cinta BRADY 3/4 Blanca	27,00	81,00
3	Rollo cinta velcro 3/4" 5 metros	7,00	21,00
1	Cable LMR400 /RG-8 para MO	3,30	3,30
1	Regularización enlaces de MO (enlace backup)	165,00	165,00
1	Cable AWG para conexión de baterías (4 m promedio)	3,46	3,46
1	Cajas de intemperie para breaker	23,13	23,13
1	Cable sucre para acometida eléctrica #12 AWG	1,67	1,67
1	APSS de 750 Watts	250,00	250,00
1	Baterías secas selladas de 110 A, 12 V	240,00	240,00
1	Borneras para acometida de baterías	1,63	1,63
1	Breakers 20 A	3,82	3,82
1	Sensor temperatura ambiente	8,85	8,85
1	Sensor de humo 24V, de dos líneas photoeléctrico	7,20	7,20
	Total Materiales USD		8129,96

Activos fijos

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1	Kit de protección a tierra (pararrayos, electrodo, cable, G-check, guía chispas)	2.500,00	2.500,00
1	MKT CCR-1036	950,00	950,00
1	OLT Calix E7-2, 8 puertos	7.678,47	7.678,47
1	Kit de instalación energía respaldo (6 baterías, UPS, protector, gabinete)	3.850,00	3.850,00
1	Enlaces de microonda de 108 Mbps (equipo)	5.200,00	5.200,00
1	Shelter Macronodo	1.250,00	1.250,00
1	Switch Catalyst 4948-10GE	1.190,00	1.190,00
1	Impresoras	320,00	320,00
2	Computadoras portátiles	680,00	1.360,00
320	Router	35,00	11.200,00
320	Acopladores	30,00	9.600,00
	Total Activos fijos USD		45098,47

CAPITAL DE TRABAJO PROYECTADO A 1 MES

Materiales directos

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
2,00	Fibra optica	2,00	4,00
60,00	PVC	7,00	420,00
80,00	Alambre de acero	0,20	16,00
320,00	Patch cord FC/PC - SC/PC single mode G.652D	1,50	480,00
320,00	Acopladores	30,00	9600,00
	Total Materiales directos USD		440

Mano de obra directa

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1,00	Fiscalizador operativo	850,00	850,00
1,00	Tecnicos	500,00	500,00
	Total Mano de obra directa USD		1350

Costos Indirectos

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1,00	Jefe de obra	1000,00	1000,00
1,00	Jefe de proyecto	1200,00	1200,00
1,00	Luz	178,00	178,00
	Total Costos Indirectos USD		2378

Gastos administrativos

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1,00	Gerente	1650,00	1650,00
1,00	Asistente administrativo	850,00	850,00
1,00	Contador	450,00	450,00
	Total Gastos administrativos USD		2950

Gasto de ventas

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1,00	Jefe de ventas	800,00	800,00
1,00	Vendedores	400,00	400,00
	Total Gasto de ventas USD		1200

Gastos mantenimiento

Nº	Descripción	P.Unitario USD	P.Total USD
1,00	Tecnico	400,00	400,00
	Total Gastos mantenimiento USD		400

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla se detalla el plan de financiamiento con el valor estimado de recursos.

Tabla 5.13. Plan de financiamiento

Descripción	Total USD	Paracial %
Recursos propios USD	2000	0,1
Bienes USD	500000	24,98
Efectivo USD	150000	74,93
Recursos de terceros	-	-
Prestamo Bancario	-	-
Total USD	200200	100

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla se realiza una proyección de costos teniendo en cuenta la inflación la cual en el 2019 es del 2.54% en el país, a continuación se puede apreciar dicha proyección en cinco años.

Tabla 5.14. Proyección de costos

Inflación año 2019

3%

DETALLE	COSTO MENSUAL	COSTOS	TOTAL AÑO 1	TOTAL AÑO 2	TOTAL AÑO 3	TOTAL AÑO 4	TOTAL AÑO 5
		FIJOS USD					
Materiales directos USD	49.818,43	49.818,43	49.818,43	49.818,43	52.381,35	53.711,83	55.076,11
Mano de obra USD	1.350,00	1.350,00	1.350,00	1.350,00	1.419,45	1.455,51	1.492,47
CIF USD	4.756,00	4.756,00	4.756,00	4.756,00	5.000,67	5.127,69	5.257,93
TOTALES USD	55924,43	55924,43	55924,43	55924,43	58801,47125	60295,02862	61826,52235

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla podemos observar la proyección de gastos la cual contiene sueldos, suministros de oficina suministros de aseo, mantenimiento y gastos en ventas.

Tabla 5.15. Detalle de gastos

DETALLE	COSTO MENSUAL	TOTAL AÑO 1	TOTAL AÑO 2	TOTAL AÑO 3	TOTAL AÑO 4	TOTAL AÑO 5
Gastos administrativos USD	2.950,00	2.950,00	3.024,93	3.101,76	3.180,55	3.261,33
Gastos de venta USD	1.200,00	1.200,00	1.230,48	1.261,73	1.293,78	1.326,64
Gastos de mantenimiento USD	400,00	400,00	410,16	420,58	431,26	442,21
TOTALES USD	4550	4550	4665,57	4784,07548	4905,591	5030,19301

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla podemos observar la inversión en mano de obra la cual cuenta con personal que voy a requerir para el caso de nombres se colocara XXX, así como sus sueldos descuentos, afiliaciones, decimos, etc.

Tabla 5.16. Inversión mano de obra

NOMBRES	Cargo	Ingresos			Descuentos			Valor	Total	Costo
		SBU USD	OTROS	TOTAL USD	VIARIOS	9,45%	TOTAL	A PAGAR USD	PROVISION USD	MO USD
XXX	Gerente	1.500,00		1.500,00		141,75	141,75	1.358,25	369,70	
XXX	Asistente adm	800,00		800,00		75,60	75,60	724,40	657,84	
XXX	Jefe de produ	1.100,00		1.100,00		103,95	103,95	996,05	756,78	1.856,78
XXX	Jefe de venta	800,00		800,00		75,60	75,60	724,40	657,84	
XXX	Jefe de sopor	1.000,00		1.000,00		94,50	94,50	905,50	723,80	1.723,80
XXX	Tecnico 1	400,00		400,00		37,80	37,80	362,20	525,92	925,92
XXX	Tecnico 2	400,00		400,00		37,80	37,80	362,20	525,92	925,92
XXX	Vendedor 1	1.200,00		1.200,00		113,40	113,40	1.086,60	789,76	
XXX	Vendedor 2	1.200,00		1.200,00		113,40	113,40	1.086,60	789,76	
XXX	Fiscalizador	850,00		850,00		80,33	80,33	769,68	674,33	1.524,33
XXX	Contador	450,00		450,00		42,53	42,53	407,48	542,41	
TOTALES USD		9700		9700		916,65	916,65	8783,35	7014,06	6956,75

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla se puede observar la depreciación dependiendo al número de años en el que el equipo u material empiece a comenzar a fallar.

Tabla 5.17. Depreciación

Detalle del bien	Vida útil en años	Valor USD	% de la depreciación	Depreciación anual USD
Fibra óptica G652D de 48 hilos ADSS span 120mts	10 años	32,64	10%	3,26
Fibra óptica G652D de 48 hilos armada 120mts	11 años	37,40	10%	3,74
Fibra óptica G652D de 12 hilos ADSS span 120mts	12 años	14,28	10%	1,43
Cajas Nap IP68	10 años	3.200,00	10%	320,00
Patch cord duplex de 5mts SC/APC - SC/UPC	10 años	2.880,00	10%	288,00
Switch Catalyst	10 años	1.190,00	10%	119,00
Cajas de intemperie	10 años	23,13	10%	2,31
Splitter 1:8	10 años	97,75	10%	9,78
Router	10 años	4.800,00	10%	480,00
Acopladores	10 años	9.600,00	10%	960,00
MKT CCR-1036	10 años	950,00	10%	95,00
Kit de protección a tierra	10 años	2.500,00	10%	250,00
OLT Calix E7-2, 8 puertos	10 años	7.678,47	10%	767,85
Kit de instalación energía respaldo (6 baterías, UPS, protector, gabinete)	10 años	3.850,00	10%	385,00
Enlaces de microonda de 108 Mbps (equipo)	10 años	5.200,00	10%	520,00
Shelter Macronodo	10 años	1.250,00	10%	125,00
Switch Catalyst 4948-10GE	10 años	1.190,00	10%	119,00
Computadores portatil	3 años	640,00	33,33%	213,31
Impresora	3 años	1.360,00	33,33%	453,29

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla se puede observar una proyección de la depreciación durante un tiempo de 5 años.

Tabla 5.18. Proyección de la depreciación en 5 años

Detalle del bien	Valor USD	Depreciación anual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materiales USD	44.493,67	4.449,37	4.449,37	4.449,37	4.449,37	4.449,37	4.449,37
Equipos de computación USD	2.000,00	666,60	666,60	666,60	666,60	666,60	666,60
Total USD	46493,67	5115,967	5115,967	5115,967	5115,967	5115,967	5115,967

Elaboración: Autores

En la siguiente tabla se puede observar el cálculo de ingresos si decimos que en un día tendremos una cantidad de 10 abonados nuevos al mes tendremos 320 abonados y se puede determinar un costo de servicio de 12 dólares para el paquete más básico.

Tabla 5.19. Costo servicio

Producto	Unidad de medida	Costo mensual USD	Margen de utilidad		Ingresos Mesuales USD	Unidades producida	P.V.P
			%	\$			
Red GPON	Abonado	3.007,13	-100%	-3.007,13	0,00	320	12,00

Elaboración: Autores

Para poder determinar el costo de servicio es necesario realizar una tabla con el costo unitario que se puede observar a continuación.

Tabla 5.20. Costo unitario

COSTO UNITARIO

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio USD
Fibra óptica G652D de 48 hilos ADSS	Metros	10,00	0,52
Fibra óptica G652D de 48 hilos armada	Metros	10,00	0,21
Fibra óptica G652D de 12 hilos ADSS span	Metros	10,00	0,42
Patch cord duplex de 5mts SC/APC - SC/UPC	Unidad	2,00	0,25
Amarras plásticas negras 30 cm	Unidad	1,00	0,80
Manguitos térmicos	Unidad	1,00	0,30
Taype plástico negro	Unidad	1,00	0,70
Cinta BRADY 3/4 Blanca	Unidad	1,00	0,69
Rollo cinta velcro 3/4" 5 metros	Unidad	1,00	0,20
PVC	Unidad	1,00	0,88
Alambre de acero	Unidad	1,00	0,90
Patch cord FC/PC - SC/PC single mode G.652D	Unidad	1,00	0,58
Acopladores	Unidad	1,00	0,75
Sueldos			
Tecnico	personas	1,00	0,13
Fiscalizador	personas	1,00	0,11
		1,00	0,63
Depreciación		1,00	1,33
TOTAL USD			9,397283073

Elaboración: Autores

Una vez determinado los costos encontrados en las anteriores tablas a continuación se puede establecer una tabla con el flujo de caja anual.

Tabla 5.21. Flujo de caja

Ingresos de ventas					
Detalle	Año1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos de ventas USD	\$ 3.840,00	\$ 3.937,54	\$ 4.037,55	\$ 4.140,10	\$ 4.245,26
Total costo y gastos					
Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total costos USD	\$ 55.924,43	\$ 57.344,91	\$ 58.801,47	\$ 60.295,03	\$ 61.826,52
Total gastos USD	\$ 4.550,00	\$ 4.665,57	\$ 4.784,08	\$ 4.905,59	\$ 5.030,19
Total USD	\$ 60.474,43	\$ 62.010,48	\$ 63.585,55	\$ 65.200,62	\$ 66.856,72
UTILIDAD USD	\$ (56.634,43)	\$ (58.072,94)	\$ (59.548,00)	\$ (61.060,52)	\$ (62.611,45)

Elaboración: Autores

Con el flujo de caja se puede determinar el punto de equilibrio con la siguiente formula

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}}$$

Ec (5. 1)

Donde

PE= Punto de equilibrio

CV= Costo variable

V= Ventas

Sustituyendo con nuestros datos obtenidos se puede observar los siguientes resultados.

Tabla5. 22. Punto de equilibrio

Costo fijo USD	55.924,43
Costo variable USD	0,00
Ventas USD	3.840,00
CV/V	1,00
PE USD	55.924,43

Elaboración: Autores

5.2 Valor actual neto

Es el valor que me ayuda a conocer los flujos de caja futuros en una inversión para lo cual existe una formula ya establecida como se puede observar en la ecuación 4 que emplearemos a continuación, si el valor VAN obtenido es negativo debe ser desechado y si por el contrario nuestro valor VAN es positivo es factible. (Martínez, 2015)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Fe}{(1+i)^t}$$

Ec (5. 2)

Dónde:

Fe: Flujo caja por periodo

I_0 : Inversión inicial

n: Periodo considerado

i: Tasa descuento

Sustituyendo en la ecuación 2 los valores obtenidos más la tasa de descuento que es un valor publicado en la página de Banco Central del Ecuador con un valor de 5.78% para el sector público en el caso de inversiones. (Ecuador, 2019)

$$VAN = -63946,43 + \frac{60474,43}{1 + 0.0578}$$

$$VAN = -6776,43$$

El resultado obtenido es negativo lo cual me indica que no va a recuperar la inversión en el primer año sustituyendo la ecuación 4 con los resultados obtenidos del flujo de caja en el 4to año tenemos lo siguiente.

$$VAN = -63946,43 + \frac{65200,61961}{1 + 0.0578}$$

$$VAN = 1254,247414$$

El resultado es positivo lo que me indica que a partir del cuarto año el proyecto es viable.

5.3 TIR tasa interna de retorno

Por medio del TIR se determina si la inversión es viable y con esto la viabilidad del proyecto para lo cual se emplea la siguiente ecuación 3. (Espinoza, 2015)

$$TIR = \frac{-I_0 + Fe}{I_0}$$

Ec (5. 3)

I_0 : Invercion inicial

Fe: Flujo de caja

Remplazando los valores obtenidos tenemos los siguientes resultados

$$TIR = \frac{-63946,43 + 65200,61961}{63946,43}$$

$$TIR = 0,01961313$$

$$TIR = 1,96$$

El resultado obtenido nos indica que se alcanza a cubrir la inversión pero a partir de los 4 años

5.4 Recuperación del capital PRC

Por medio del periodo de recuperación de capital determina si la empresa recupera la inversión que realiza en el presente proyecto para lo cual se emplea la siguiente ecuación 4. (Rodríguez, 2015)

$$PRC = I_0 \div Fe$$

Ec (5. 4)

I_0 : Inversión inicial

Fe: Flujo de caja

Con los valores obtenidos previamente remplazados en la ecuación 4 se obtiene los siguientes resultados.

$$PRC = 63946,43 \div 65200,61961$$

$$PRC = 0,980764146$$

$$PRC = 1 \text{ mes}$$

Con el resultado obtenido se puede deducir que el periodo en el que se recupera la inversión destinada se recupera en 4 años y 1 mes dada la proyección de durabilidad del presente proyecto se puede decir que el proyecto es viable ya que la durabilidad del presente proyecto es de 10 a 15años.

CONCLUSIONES

De la revisión del estado actual de las tecnologías de internet en el barrio la León se observa que la mayor causa por la que se produce gran parte de los problemas es por la velocidad de transmisión en ADSL la cual tiene una velocidad máxima de 100 Mbps y conforme a pasado el tiempo los usuarios requieren mayor velocidad para aplicaciones en tiempo real. La empresa pública CNT es quien abarca el 48% de los usuarios de servicio de internet fijo (ADSL), además esta empresa brinda también los servicios de fibra óptica con lo cual gran parte de los habitantes del barrio la León se verán beneficiados al utilizar Fibra Óptica ya que mejora la velocidad entre 1 a 10 Gbps dependiendo del tipo de red que se emplee pero el cambio mejora los servicios ya que no existe intermitencia las 24 horas del día, la seguridad crece debido a que si se llega a cortar la fibra es un proceso muy complejo tratar de robar datos y con ayuda de un OTDR se indica la distancia exacta donde hay problemas de corte.

Para el diseño de la red FTTH en el barrio la León se implementaron en Matlab dos algoritmos que fueron de PRIM y KRUSKAL con el fin de compararlos y obtener la distancia más corta de fibra óptica desde el primer pozo donde llega la acometida de la fibra óptica desde la OLT hacia la última caja NAP (abonado), para ello se tomó en cuenta las calles que existen como parámetro de enrutamiento para la fibra óptica. Se obtuvo una distancia para el algoritmo de PRIM de 1142.47m y en el algoritmo de KRUSKAL fue de 1142.47m, esto debido a que la red es pequeña con tan solo 24 nodos y no se observa la diferencia de distancia entre ellos.

Para la simulación en Optism y observar los parámetros de desempeño se tomó en consideración la distancia desde la OLT hacia el abonado más lejano proyectado dando como resultado aproximadamente 4Km, con ello se consideró el peor escenario posible debido a que existe una mayor cantidad de pérdidas en el enlace. La potencia de recepción obtenida es -18.84dBm valor menor al de la sensibilidad para la ONU (abonado) que es de -28dBm por lo que el equipo del último abonado funcionará perfectamente tanto para 1 Gb y 10Gb, así como para todos los demás abonados ya que los equipos de estos tienen menos pérdidas en sus enlaces. Además, al restar la sensibilidad de la ONU de la potencia de recepción se tiene una ganancia de 9.16 dB por lo que se podría colocar una caja NAP adicional en el pozo de este abonado, teniendo así 8 cajas NAP por cada pozo, 40 en total, con esto incrementa el número de abonados de 144 a 320 y las ganancias para la empresa.

Un análisis de costos para la implementación del proyecto arroja un TIR de 1,96 y un VAN de 1254,247414, por lo que se tiene una recuperación de la inversión en un tiempo de 4 años y 1 mes, lo cual hace viable al proyecto diseñado para su implementación, lo que beneficiará a los habitantes del barrio la León.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido el análisis y diseño del presente proyecto es recomendable en el caso de ser llevado a implementar la red de fibra óptica en el barrio la León invertir en una red GPON con una transmisión de 10 Gbps de velocidad a razón de que tendrá una proyección de duración de más años ya que con la constante evolución de las tecnologías día a día; es más viable que en el caso de una red de 1 Gbps de velocidad y tanto el servicio como la inversión será óptimo.

Tanto para la implementación algoritmo de Prim y Kruskal en Matlab es mejor crear matrices y no vectores, ya que con los vectores se tiene mucha confusión con la ubicación de los nodos y el cálculo de las distancias, ya que al crearse una sola fila y varias columnas es difícil ubicar dos grupos de puntos específicos y realizar ciertos cálculos entre ellos. Con las matrices los nodos se ubican de manera más ordenada y las distancias se pueden calcular por filas o columnas según convenga.

REFERENCIAS

- A.M Vieites, F. A. (2015). *Teoria de grafos*. Madrid: Paraninfo.
- Alonso, N. O. (2015). *Redes de comunicaciones Industriales*. Madrid: Uned.
- Blokdyk, G. (2019). *Ftth Standard Requirements*. N.Y E.E.U.U: Emereo Pty Limited.
- Casademont, J. (2016). *Redes de comunicaciones*. Catalunya: Universidad Politecnica de catalunya.
- control, A. d. (2018). *Arcotel*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/aumento-cuentas-de-internet-fijo-en-2018/>
- Ecuador, B. c. (2019). *Banco Central del Ecuador*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/>
- Escavy, V. C. (2017). *Instalación y configuración de servicios en equipos de telefonía*. España: Elearning.
- Espinoza, S. F. (2015). *Los proyectos de inversión*. Costa Rica: Tecnológica Costa Rica.
- Estadística, I. N. (2019). *INEC*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Gorshe, S. (2016). *Broadrand Access*. USA: John Wiley & Sons,Ltd.
- Huidobro, J. M. (2017). *Telecomunicaciones Tecnologías,Redes y Servicios*. Ra-Ma.
- Jordi Casademont, C. (2015). *Redes de comunicaciones: de telefonía móvil a internet*. Cataluña: UPC-Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña.

- Juan Diego Quishpi Lucero, J. P. (2015). Simulación de un enlace de fibra óptica en una Red. España: EAE.
- López, G. B. (2016). *Geolocalización y redes sociales*. España: Bubok.
- Martínez, J. M. (2015). *Supuestos de matemáticas financieras*. España: Universidad Miguel Hernández de Elche.
- McCarthy, W. (2015). *El colapso*. New York: Baror International INC.
- Meliá, J. T. (2017). *Cabrera a través de la cartografía*. ReadOnTime.
- Millán, R. (Octubre de 2016). *Ramon Millán consultoría estratégica*. Obtenido de <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- OECD/Bid. (2016). Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe. Paris: Publishing.
- Pearson, E. R. (2015). *Dominar el OTDR: adquisición e interpretación de trazas: versión 1.0*. Pearson Technologies Incorporated.
- Perez, I. P. (2016). *Arquitectura de redes*. Madrid : Homepage.
- Raji Ramakrishnan Nair, D. J. (2019). *A Quick Reference to DATA STRUCTURES and COMPUTER ALGORITHMS*. Estados Unidos: BPB Publications.
- Rodriguez, A. (10 de Junio de 2016). *Fibraoptica hoy*. Obtenido de <https://www.fibraopticahoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>
- Rodríguez, A. S. (2015). *La gestión Integral de Proyectos*. Madrid: Kadmos S.C.L.
- Technogies, H. (2016). *Huawei Support*. Obtenido de <http://e.huawei.com/en-sa/marketing->

Telecomunicaciones, C. N. (2019). *CNT*. Obtenido de

<https://www.cnt.gob.ec/internet/tipo/fijo/>

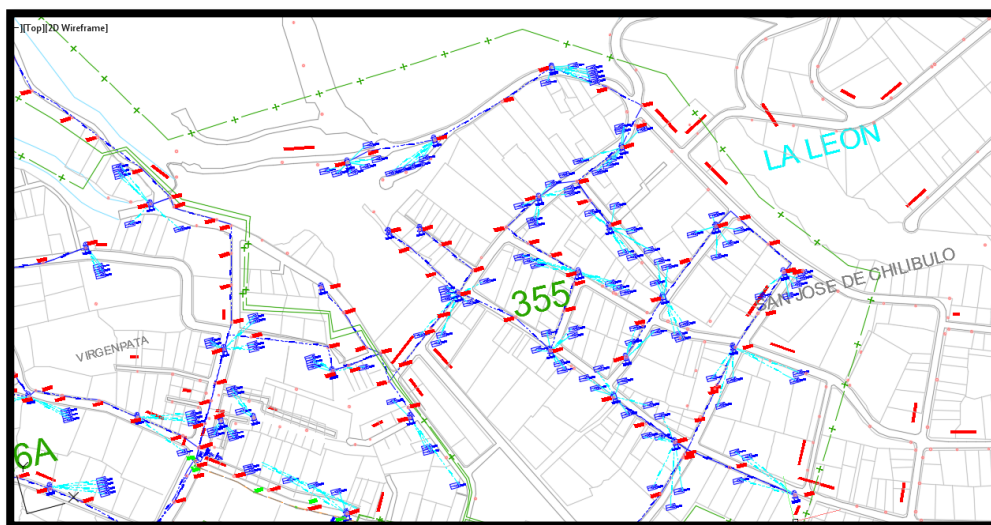
TP-Link. (2016). *TP-Link*. Obtenido de

<https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/roseta-optica>

Yague, A. G. (Nobiembre de 2015). *Telnet redes inteligentes*. Obtenido de

www.telnet-ri.es




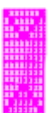




















ANEXOS



Anexo 1 Barrio la León en AutoCAD

DESCRIPCION	EXISTENTE	PROYECTADO	DESMONTAJE
DISTRIBUIDOR	0054 IQ	312	0054 IQ
TERMINAL DE DATOS			
MULTIPLEXOR	Mx	Mx	Mx 0054
PLATAFORMA MULTISERVICIOS INDOOR	0054 IQ	MS 0071	0054 IQ
PLATAFORMA MULTISERVICIOS OUTDOOR	LA CAROLINA IQ	NAQUITO IQ	LA CAROLINA IQ
ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN	0054 01 D_01	4456 02 D_02	0054 03 D_03
CAPACIDAD DE ARMARIO	0054 02 400 500	0054 02 200 300	500 600
POSTE DE HORMIGÓN ARMADO (CIRCULAR Y CUADRADO)	<small>es = eléctrico o telefónico 11/8 = dimensión 1º con red telefónica</small>		
POSTE DE MADERA TRATADA	<small>es = eléctrico o telefónico 11/8 = dimensión 1º con red telefónica</small>		
RETENIDA A TIERRA COMPLETO			

Anexo 2 Simbología utilizada en el plano de AutoCAD (Autor: EMPRESA ARTEKSOLUTION CIA.LTDA)

DESCRIPCION	PROYECTADO	EXISTENTE
RACK DE PISO 9"x20"		
OLT DE DISTRIBUIDOR		
ARMARIO FTTH		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA AÉREA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DOBLE CONECTOR		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA SUBTERRÁNEA		
EDIFICIO CON RED GPON		
EMPALME DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA Y SPLITTER		
FIBRA ÓPTICA		
ONT (ABONADO)		

Anexo 3 Simbología utilizada en el plano de AutoCAD (Autor: EMPRESA ARTEKSOLUTION CIA.LTDA)

Clase	Rango de atenuación óptica	Recomendación ITU-T
GPON Clase A	5-20 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B	10-25 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase C	15-30 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B+	13-28 dB	G.984.2 Amendment 1 (2006)
GPON Clase C+	17-32 dB	G.984.2 Amendment 2 (2008)
XG-PON N1	14-29 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON N2	16-31 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON E1	18-33 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON E2	20-35 dB	G.987.2 (2010)

Anexo 4 Rangos de atenuación GPON (Yague, 2015)

Parámetro interfaz GPON B+	ONT	OLT	FEC
Mean launched power MIN	0.5 dBm	1.5 dBm	2 dB
Mean launched power MAX	5 dBm	5 dBm	
Minimum sensitivity	-27 dBm	-28 dBm	Margen Guarda
Minimum overload	-8 dBm	-8 dBm	2 dB
Downstream optical penalty	0.5 dBm	0.5 dBm	

División óptica	Atenuación	Elemento	Atenuación
1:2	-3.01 dB	Fibra óptica 1310nm (Km)	-0,4 dB
1:4	-6.02 dB	Fibra óptica 1550nm (Km)	-0,3 dB
1:8	-9.03 dB	Empalme por fusión	-0.1~-0.2 dB
1:16	-12.04 dB	Empalme mecánico	-0,5 dB
1:32	-15.04 dB	Perdidas inserción (conector)	-0.3~-0.5 dB
1:64	-18.07 dB		
1:128	-21.08 dB		

Anexo 5 Parámetros ópticos de una red GPON (Yague, 2015)

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155	down: 2.488, 1.244 up: 2.488, 1.244, 622, 155	down: 1.250 up: 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream	61% upstream 73% downstream
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
Seguridad downstream	Churning o AES	AES	No definida

Anexo 6 Comparación de las principales tecnologías PON (Millán, 2016)